



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Instal·lació i posta en marxa d'una estació agrometeorològica

Treball final de grau

Enginyeria Agroambiental i del Paisatge

Autor: Julià Masats Viladoms

Tutors: Cèsar Ornat Longarón i

Nuria Cañameras Riba

Setembre 2017

Agraïments

Vull agrair l'interès, l'empenta i el suport que m'han donat el professor Cèsar Ornat i la professora Nuria Cañameras, i que han contribuït, decididament, en el plantejament i la realització d'aquest treball.

També donar les gràcies a Miquel Massip, per la resolució i col·laboració sobretot amb el treball de camp realitzat a Agropolis.

Per acabar, agrair tot el suport rebut per les persones alienes al projecte, família i amics, que m'han ajudat en tot el que han tingut a l'abast per a culminar aquest treball amb èxit.

Resum

En aquest treball es realitza la instal·lació i posta en marxa d'una estació agrometeorològica de la marca Campbell Scientific, que donarà servei a la finca Agropolis. L'estació estarà dotada d'un conjunt de sensors que permetran mesurar diferents variables (temperatura, humitat relativa, radiació neta, velocitat i direcció del vent, pluviometria, temperatura del sòl en dues profunditats i humitat del sòl), que faran possible una sèrie de lectures associades a les activitats del complex.

Els sensors instal·lats registren les diferents variables en intervals de 10 segons, i aquestes dades una vegada processades, són consultables a internet per qualsevol usuari. Les dades visibles són la lectura de les variables a temps real, i els valors històrics mitjans, màxims i mínims, tant horaris com diaris.

En el document també es descriuen les dues aplicacions emprades per a configurar i consultar les dades, així com es realitza una comparativa per a emmarcar la fiabilitat de les lectures obtingudes.

L'arrencada de l'estació es va fer el mes de maig del 2016. Després d'aquesta data s'ha continuat treballant complementant-la amb tots els sensors escollits, procurant el bon funcionament dels mateixos i donant un acabat constructiu adequat a la zona. No obstant, el funcionament correcte de tots els sensors instal·lats no s'ha aconseguit plenament ja que el pluviòmetre i el sensor d'humitat del sòl efectuen lectures errònies.

Per acabar es contemplen una sèrie de propostes que farien possible un segon projecte de millora i manteniment d'aquesta estació.

Paraules clau: estació agrometeorològica, temperatura, humitat, vent, radiació, pluja, posta en marxa.

Resumen

En este trabajo se realiza la instalación y puesta en marcha de una estación agrometeorológica de la marca Campbell Scientific, que dará servicio a la finca Agropolis. La estación estará dotada de un conjunto de sensores que permitirán medir diferentes variables (temperatura, humedad relativa, radiación neta, velocidad y dirección del viento, pluviometría, temperatura del suelo en dos profundidades y humedad del suelo), que harán posible una serie de lecturas asociadas a las actividades del complejo.

Los sensores instalados registran las diferentes variables en intervalos de 10 segundos, y estos datos una vez procesadas, son consultables en internet por cualquier usuario. Los datos visibles son la lectura de las variables a tiempo real, y los valores históricos medios, máximos y mínimos, tanto horarios como diarios.

En el documento también se describen las dos aplicaciones utilizadas para configurar y consultar los datos, así como se realiza una comparativa para enmarcar la fiabilidad de las lecturas obtenidas.

El arranque de la estación se hizo el mes de mayo de 2016. Después de esta fecha se ha seguido trabajando complementándola con todos los sensores escogidos, procurando el buen funcionamiento de los mismos y dando un acabado constructivo adecuado a la zona. Sin embargo, el funcionamiento correcto de todos los sensores instalados no se ha conseguido plenamente ya que el pluviómetro y el sensor de humedad del suelo efectúan lecturas erróneas.

Para terminar se contemplan una serie de propuestas que harían posible un segundo proyecto de mejora y mantenimiento de esta estación.

Palabras clave: estación agrometeorológica, temperatura, humedad, viento, radiación, lluvia, puesta en marcha.

Abstract

This paper describes the installation and set-up of an agrometeorological station of the Campbell Scientific company, which will serve the Agropolis complex. The station will be equipped with a set of sensors that will allow to measure different variables (temperature, relative humidity, net radiation, wind speed and direction, rainfall, soil temperature in two depths and soil moisture), which will make it possible to carry out a series of readings associated with the activities of the place.

The installed sensors record the different variables at intervals of 10 seconds and these data, once processed, are available on the Internet for any user. The reading of the variables in real time, and the average, maximum and minimum historical values, daily and hour reading, constitute the visible data.

This paper describes the two applications used to configure and consult the data, and to ensure reliability, it also compares the readings obtained.

The start of the station took place at May 2016. After this date, work has continued to be complemented with all the sensors chosen, ensuring the proper functioning of them and giving an appropriate construction finish to the zone. However, the correct operation of all the sensors installed has not been fully achieved since the rainfall and the humidity sensor of the ground perform erroneous readings.

Finally, we propose a series of actions to develop a second project for the improvement and maintenance of this station.

Key words: agrometeorological station, temperature, humidity, wind, radiation, rain, set-up.

Sumari

Índex de figures	7
Índex de taules	8
1. Introducció	9
2. Objectius	10
2.1. Objectiu general	10
2.2 Objectius específics	10
3. Estacions meteorològiques	11
3.1 Estacions meteorològiques a Catalunya	11
3.2 Aplicacions agrícoles	14
4. Instal·lació d'una estació meteorològica a l'agropolis	15
4.1 Marc físic	15
4.2 Connexió i implantació	16
4.3 Instruments de mesura	18
4.3.1 Sensors de temperatura i humitat relativa	18
4.3.2 Radiòmetre net	20
4.3.3 Sensor de radiació quàntica	22
4.3.4 Anemòmetre	23
4.3.5 Sensor de temperatura del sòl	24
4.3.6 Sensor d'humitat del sòl	26
4.3.7 Pluviòmetre	27
5. Tractament de la informació	28
5.1 Adquisició de dades	28
5.2 Transmissió de dades	31
5.3 Software de gestió	32
5.3.1 Loggernet	32
5.3.2 Loggerlink	33
6. Exposició i problemàtica de la posta en marxa	34
7. Comparació de lectures entre estacions meteorològiques	38
8. Futures vies de treball	41
9. Conclusions	43
10. Bibliografia	44
Annex 1: Datasheet dels components	47
Annex 2: CRBASIC - Programació de l'estació meteorològica	66



Índex de figures

Figura 1. Esquema bàsic de funcionament d'una EMA	9
Figura 2. Mapa de les estacions meteorològiques de Catalunya	13
Figura 3. Ubicació de l'estació dins de l'agropolis	15
Figura 4. Traçat de les connexions fins a l'estació	16
Figura 5. Suport de fixació de l'estructura	16
Figura 6. Estat final de la parcel·la després de la instal·lació i la sembra	17
Figura 7. Sensor hmp45c	18
Figura 8. Gràfic de precisió del sensor de temperatura	19
Figura 9. Sensor nr-lite	20
Figura 10. Gràfic d'espectre de sensibilitat solar e infraroja	21
Figura 11. Representació gràfica de la resposta espectral del sensor de radiació PAR	22
Figura 12. Sensor SKP215	22
Figura 13. Sensor windsonic	23
Figura 14. Sensor cs107	24
Figura 15. Esquema del termistor emprat pel cs107	24
Figura 16. Sensor EC-5	26
Figura 17. Esquema del sensor Young 55203	27
Figura 18. Balancí del sensor desmuntat	27
Figura 19. CR1000	28
Figura 20. Esquema d'un sensor connectat a un canal diferencial	29
Figura 21. Estructura d'un programa dissenyat amb CRBASIC	30
Figura 22. NL115	31
Figura 23. Menú principal del loggernet	32



Figura 24. Captura de pantalla del LoggerLink visualitzant les dades de la nostra estació a temps real	33
Figura 25. Tub de PVC col·locat al fons de la rasa per a protegir el cablejat	34
Figura 26. Tubs de PVC col·locats al fons de la rasa, per a protegir el cablejat del pluviòmetre, els dos sensors de temperatura del sòl i el de humitat del sòl	35
Figura 27. Cablejat que entra dins de la caixa, connectat des de cada sensor fins al CR1000 ..	35
Figura 28. Gràfica comparativa de les lectures de temperatura mitjana corresponents a les estacions agrometeorològiques de Viladecans (XEMA) i d'Agropolis	39
Figura 29. Gràfica comparativa de les lectures de humitat relativa mitjana corresponents a les estacions agrometeorològiques de Viladecans (XEMA) i d'Agropolis	39
Figura 30. Gràfica comparativa de les lectures de velocitat mitjana del vent corresponents a les estacions agrometeorològiques de Viladecans (XEMA) i d'Agropolis.	40

Índex de taules

Taula 1. Variable mesurades per les estacions de la XEMA	12
Taula 2. Relació entre la resistència del termistor i la temperatura d'acord amb l'equació de Steinhart-Hart	25

1. Introducció

Segons l'Organització Meteorològica Mundial (WMO) una Estació Meteorològica Automàtica (EMA) es pot definir, com una estació en la qual els instruments efectuen i transmeten, o enregistren automàticament les observacions, realitzant directament si fos necessari, la conversió a la clau corresponent, o bé realitzant-se aquesta en una estació transcriptora. En general doncs, una EMA consisteix en un sistema d'adquisició, processament i emmagatzematge de dades, freqüentment s'usa la terminologia anglesa i s'anomena datalogger (Fig. 1), tot a través d'una sèrie de sensors per mesurar diverses variables meteorològiques, un sistema de comunicació (via mòdem, ràdio, satèl·lit, etc) i un sistema d'alimentació (que pot ser autònom i abastir-se d'energia solar, o estar connectat a la xarxa elèctrica).

El sensors que incorpora una EMA depenen bàsicament de l'aplicació que es vulgui donar a l'estació. Existeixen sensors força específics, com poden ser d'humectació (per aplicacions agrometeorològiques) o el de gruix de neu (nivològiques), i d'altres de més generals, com el de temperatura ambient, humitat relativa, etc (U.S. Environmental protection agency, 2000).

Des de l'Escola Superior d'Agricultura de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya), s'han adquirit un conjunt de sensors destinats a donar suport a la finca experimental on s'instal·larà l'estació. La voluntat d'aquest treball és posar en marxa aquesta instal·lació i documentar tot el procés i funcionament, deixant d'aquesta manera l'estació funcional per al seu ús, i poder així ser utilitzada de complement i suport en totes les activitats del complex.

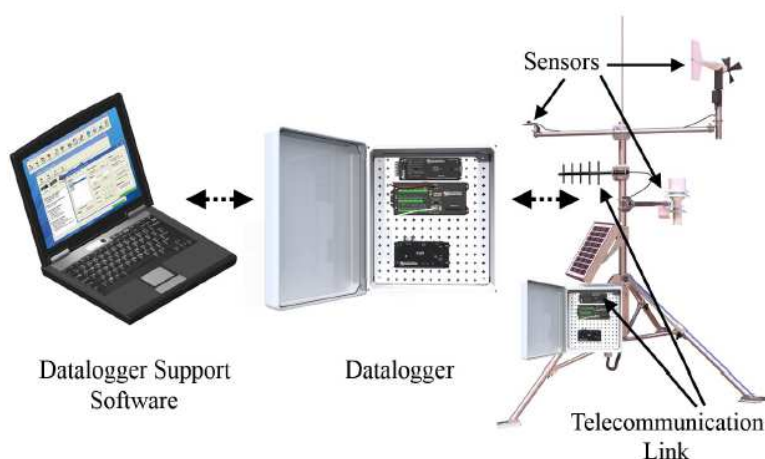


Figura 1. Esquema bàsic de funcionament d'una EMA.
Font: Campbell Scientific

2. **Objectius**

2.1. Objectiu general

L'objectiu general d'aquest treball final de grau és posar en marxa una estació agrometeorològica dins del complex Agropolis.

2.2 Objectius específics

Per assolir aquest objectiu general s'ha considerat els següents objectius específics:

- Supervisar l'obra civil necessària per a la implantació de l'estructura de l'estació, i el muntatge d'aquesta.
- Instal·lar els sensors de temperatura, humitat relativa, radiació neta, radiació solar, velocitat i direcció del vent, temperatura del sòl en dues profunditats, humitat del sòl i pluviometria.
- Programar el datalogger i sincronitzar-lo amb els sensors.
- Modificar la pàgina web de consulta de l'estació.
- Comparar les dades de diferents variables meteorològiques obtingudes en aquesta estació amb les registrades a l'estació de Viladecans del XEMA.

3. Estacions meteorològiques

3.1 Estacions meteorològiques a Catalunya

A Catalunya disposem del XEMA, que és la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques que gestiona el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), i que està integrada a la Xarxa d'Equipaments Meteorològics de la Generalitat de Catalunya (Xemec), creada per la Llei 15/2001, de 14 de novembre (Parlament de Catalunya, 2002).

Atenent a aquesta llei, en el període 2001 – 2005 el Servei de meteorologia de Catalunya ha passat a gestionar part de les EMA que integraven xarxes gestionades per altres departaments de la Generalitat de Catalunya o per d'altres institucions. L'any 2001 es va efectuar el traspàs de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya (XAC) del Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (DARP) al Departament de Medi Ambient (DMA). Posteriorment, l'any 2003 va ser traspassada la Xarxa Nivològica de Catalunya (XANIC), del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) al SMC. A banda, el SMC ja disposava d'una Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques pròpia, la XMET (Portal Meteocat).

Així, la XEMA és el fruit de la unificació de totes les estacions meteorològiques integrades a tres xarxes diferents:

la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XMET)

La Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques es va crear l'any 1996, al Servei de Meteorologia, dins la Direcció General de Qualitat Ambient del Departament de Medi Ambient, amb l'objectiu de conèixer la situació meteorològica en temps real a tot el territori i millorar el coneixement climàtic del país.

les EMA de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya (XAC)

La Xarxa Agrometeorològica de Catalunya es va crear l'any 1988 per part del Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca per donar suport a les activitats agrícoles i forestals. Per això, a més dels sensors pròpiament meteorològics, es va dotar de sensors específics com el d'irradiància neta, el de temperatura de subsòl, el de contingut d'aigua al sòl i el d'humitat de combustible forestal. Les estacions específicament destinades al control de plagues i malalties de conreus es van equipar amb un sensor de mesura del grau d'humectació de les fulles.

Les dades agrometeorològiques es poden consultar a través del web Ruralcat.

les EMA de la Xarxa Nivològica de Catalunya (XANIC)

La Xarxa Nivològica de Catalunya va començar a implantar-se l'hivern del 1997 al Pirineu de Catalunya per part de l'Institut Cartogràfic de Catalunya amb l'objectiu d'obtenir dades de l'estat del temps i el mantell nival a alta muntanya per a la predicció d'allaus.

La diferència fonamental entre totes les estacions del XEMA és l'altura en la qual es mesura el vent, atès que, segons el seu emplaçament i la seva aplicació, l'anemòmetre pot estar situat a 2, a 6 o a 10 metres d'altura. Aquesta altura en la qual es mesura el vent la podem trobar a la fitxa de cada estació (Servei meteorològic de Catalunya, 2011).

Degut doncs a la diferent procedència de les xarxes, les EMA no estaven ni instal·lades ni configurades atenent als mateixos criteris i, per aquest motiu, el SMC va modificar algunes instal·lacions i va implantar de forma progressiva a totes les EMA de la XEMA criteris homogenis en relació als aspectes de mostreig i adquisició de les dades, i al manteniment dels equips o als controls de qualitat que s'apliquen a les dades que aquestes generen. En la taula 1 podem veure les diferents variables mesurades per les estacions de la XEMA, les seves unitats i el rang mínim i màxim que hi permet (Servei meteorològic de Catalunya, 2011).

Taula 1. Variable mesurades per les estacions de la XEMA.
Font: portal Meteocat

<u>Variable</u>	<u>Unitat</u>	<u>Rang (min/max)</u>
Temperatura	°C	-30/46
Humitat relativa	%	0/100
Precipitació (horària)	mm	0/200
Precipitació (semi-horària)	mm	0/100
Velocitat del vent	m/s	0/55
Direcció del vent	graus	0/360
Irradiància solar global	W/m2	0/1400
Pressió atmosfèrica	hPa	700/1060
Gruix de neu al terra	mm	0/4660



La XEMA es compon, actualment, per un total de 227 Estacions Meteorològiques Automàtiques, que transmeten la informació al SMC a través de ràdio digital, tecnologia GSM o satèl·lit (Fig. 2).

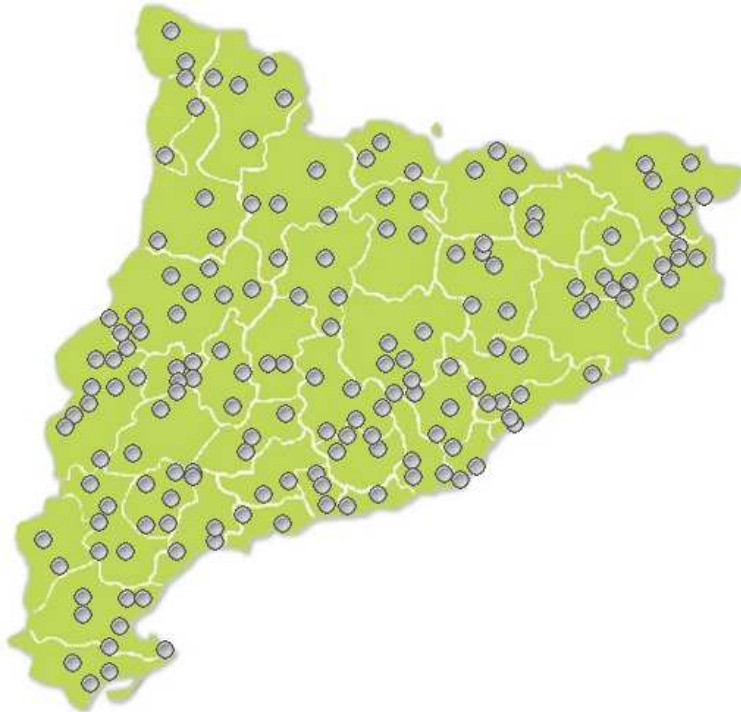


Figura 2. Mapa de les estacions meteorològiques de Catalunya.
Font: portal Ruralcat

3.2 Aplicacions agrícoles

L'estació, un cop en funcionament, a través de les lectures obtingudes, donarà suport a tots els estudis agrícoles de la finca (Agropolis). Entre d'altres, servirà de gran ajuda en les temàtiques experimentals que es duen a terme, tals com:

- Control i gestió de plagues.
- Realització d'estudis per a predir malalties.
- Planificació de conreus.
- Gestió i optimització dels recursos de la finca, com per exemple el reg.
- Estimar altres dades d'interès a través de les diferents lectures, com poden ser per exemple els graus-dia o les hores-fred.
- Estudis fenològics.
- Anàlisis de desenvolupament de les plantes.

4. Instal·lació d'una estació meteorològica a l'agropolis

4.1 Marc físic

L'Agropolis és un espai ubicat al terme municipal de Viladecans, destinat a concebre projectes universitat-empresa de base tecnològica, en el cas de la UPC majoritàriament dins de l'àmbit agrícola. El recinte consta de 1347 m² d'espai edificat (edifici de serveis i nau de mecanització), 1649 m² d'hivernacles, i 9,23 ha de terreny exterior per a experimentació i proves (portal UPC).

La nostra estació està ubicada dins d'un espai destinat a la plantació d'horta i just al costat de la vinya (Fig. 3). Està pensada per a donar suport a la zona, amb la qual cosa s'ha triat aquest punt d'instal·lació per evitar qualsevol tipus de variació o distorsió de les lectures degut a la proximitat de vegetació, edificacions o zones pavimentades.

La distància fins a la zona pavimentada més propera és de 54,5 m, sobrepasant el mínim de 30 m recomanat per al fabricant dels sensors de temperatura i radiació, i a una distància de 62,5 m fins a l'edificació més pròxima, sobrepasant així també les recomanacions adients en relació a l'anemòmetre, és a dir, 10 vegades l'altura de col·locació d'aquest (2 m d'altura x 10 = 20 m).



Figura 3. Ubicació de l'estació dins de l'agropolis.
Font: Vissir3

4.2 Connexió i implantació

Per a donar servei a la instal·lació s'ha obert una rasa fins a l'edifici més pròxim (Fig. 4), on s'han col·locat dos tubs corrugats, un per al cablejat elèctric i un segon per al cablejat de xarxa. A més s'ha instal·lat un punt de subministrament d'aigua dins mateix de la parcel·la de l'estació, que permet entre d'altres, regar la gespa implantada.

Tots els components que engloben el projecte han estat adquirits a Campbell Scientific, empresa amb seu a diferents països i especialitzada en el camp de la investigació i distribució de instrumentació científica.



Figura 4. Traçat de les connexions fins a l'estació.
Font: Vissir3

El suport utilitzat per a subjectar tots els sensors que componen l'estació, és un trípod model CM10/2 (Campbell Scientific, 1998), de 2 m d'altura, dissenyat amb unes varetes de 42 mm de diàmetre, que van ser fixades a les tres sabates de formigó fetes expressament per a subjectar



tota l'estructura (Fig. 5). Juntament amb el trípod s'ha instal·lat una presa de terra de 2 m de llargada, connectada directament a l'estació per desviar qualsevol fuga o pas elèctric.

Figura 5. Suport de fixació de l'estructura.
Font: pròpia

L'espai destinat a l'estació és una parcel·la quadrada de 100 m² (10 x 10), seguint les indicacions de mantenir un diàmetre suficient per al correcte funcionament del sensor de temperatura, amb un tancament de vorades i una sèrie d'estaques de fusta per a delimitar correctament el perímetre de treball (Fig. 6).

S'ha sembrat gespa a tota la superfície útil de l'estació per a la correcta presa de dades dels diferents sensors, especialment del sensor de radiació neta, imprescindible per a no tenir desviacions en les mesures. La gespa que s'ha incorporat és una barreja entre 1 kg de *Cynodon dactylon*, i ½ kg de gespa costa, que es compona de 35% de *Festuca arundinacea turbo*, 35% de *Festuca arundinacea merida*, 10% de *Poa pratensis*, 10% de *Lolium perenne* i 10% de *Cynodon dactylon gobi*, que és mantinguda en condicions òptimes de cultiu mitjançant dos aspersors mòbils.



Figura 6. Estat final de la parcel·la després de la instal·lació i la sembra.
Font: pròpia

4.3 Instruments de mesura

4.3.1 Sensors de temperatura i humitat relativa

L'equip escollit per a mesurar temperatura i humitat relativa és el model HMP45C de la marca Campbell Scientific (Fig. 7), i està format per un termistor (sensor tèrmic) i un sensor capacitiu (sensor humitat relativa). Per tal d'obtenir mesures fiables és important protegir els sensors. En aquest cas la protecció és un cilindre alveolat de color blanc, per evitar l'entrada d'aigua, facilitar la circulació d'aire i reduir al màxim l'impacte de la radiació solar. D'aquesta manera s'evita que les lectures de temperatura es vegin alterades per aquesta radiació, així com evitar la condensació d'aigua en el sensor d'humitat i protegir-los directament enfront de fenòmens meteorològics com la pluja i el vent.

L'equip va alimentat a 12 V i dona les senyals amb dues sortides analògiques de 4 mA. Mesura la temperatura amb un rang de -40 a 60°C (Fig. 8) i la humitat relativa de a 0 a 100% .



Figura 7. Sensor hmp45c.
Font: pròpia

Per a fer aquestes lectures utilitza un mètode de conversió Celsius-mV i % HR-mV, on a través de la lectura del voltatge transmès pel sensor, dins d'un rang de 0 a 1000 mV, fa una conversió per a traduir les dades a raó de 1 mV per grau centígrad i 1 mV per % HR segons el canal de lectura (Campbell Scientific, 2009).

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

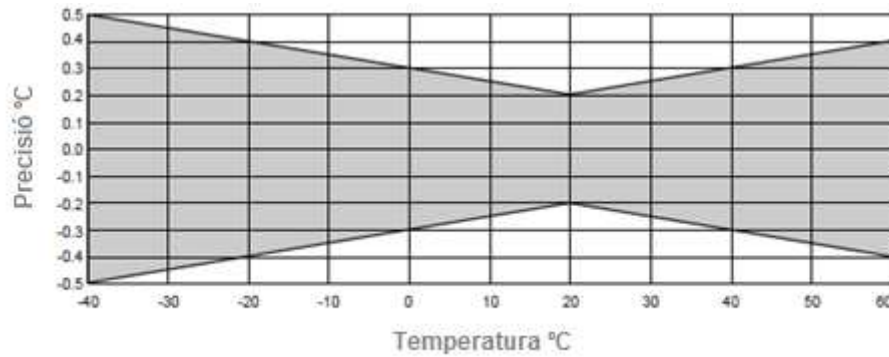


Figura 8. Gràfic de precisió del sensor de temperatura.
Font: Campbell Scientific

4.3.2 Radiòmetre net

El radiòmetre net escollit és el model NR-lite de la marca Campbell Scientific (Fig. 9). Aquest sensor determina el balanç de radiació a partir de la suma algebraica de les radiacions entrants (ona curta d'origen solar i ona llarga d'origen terrestre) i sortints (radiació reflectida d'origen solar i radiació infraroja sortint d'origen terrestre).

Està orientat direcció sud, ja que en l'hemisferi nord on ens trobem evitem d'aquesta manera possible ombres incidents, col·locat de manera que no hi haurà cap ombra ja sigui d'edificis, arbres, o de la pròpia estructura de l'estació. L'altura d'instal·lació és de 1'5 m del terra, seguint les recomanacions segons fabricant, per al seu correcte funcionament.

Disposa de dos sensors (superior i inferior) recoberts de tefló i de color negre, ja que és el color capaç d'absorbir la radiació de totes les longituds d'ona. Per a fer el càlcul mesura amb el primer, l'energia solar i la energia infraroja llunyana que rep de tot el seu hemisferi (camp visual de 180°), amb el segon sensor orientat avall, mesura l'energia rebuda de la superfície del sòl. Aquestes dos lectures són restades i el resultat es converteix en un sol senyal de sortida, la radiació neta expressada en $W \cdot m^{-2}$.



Figura 9. Sensor NR-lite.
Font: pròpia

L'NR-lite consisteix en una sèrie de termopiles connectades en sèrie, proporcionant un sensor de temperatura diferencial molt sensible. La funció d'aquestes termopiles és generar una diferencia de potencial molt petita (entre 0 i 25 mV), que va en funció de la diferència de temperatura entre els sensors orientats amunt i orientats avall. Com es pot veure en la figura 10 la sensibilitat del sensor és igual en ambdós cares, i indiferentment de si es tracta de radiació solar o d'origen terrestre (Campbell Scientific, 2010).

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

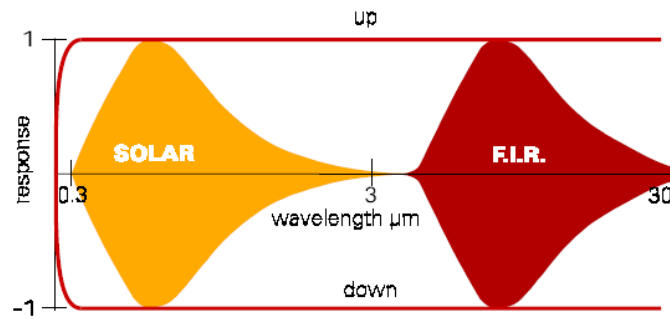


Figura 10. Gràfic d'espectre de sensibilitat solar e infraroja
Font: Campbell Scientific

4.3.3 Sensor de radiació quàntica

Per a mesurar la quantitat de radiació solar incident es va instal·lar un sensor de radiació fotosintèticament activa o sensor de radiació PAR (Photosynthetically Active Radiation). El sensor escollit és el SKP 215 de la marca Skype Instruments. Aquest sensor és l'encarregat de mesurar la radiació en el rang de la llum visible (de 400 a 700 nm, aquest rang de longitud d'ona és l'utilitzat per la fotosíntesi), com es pot veure en la figura 11. La seva unitat de lectura ve donada en $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Campbell Scientific, 1996).

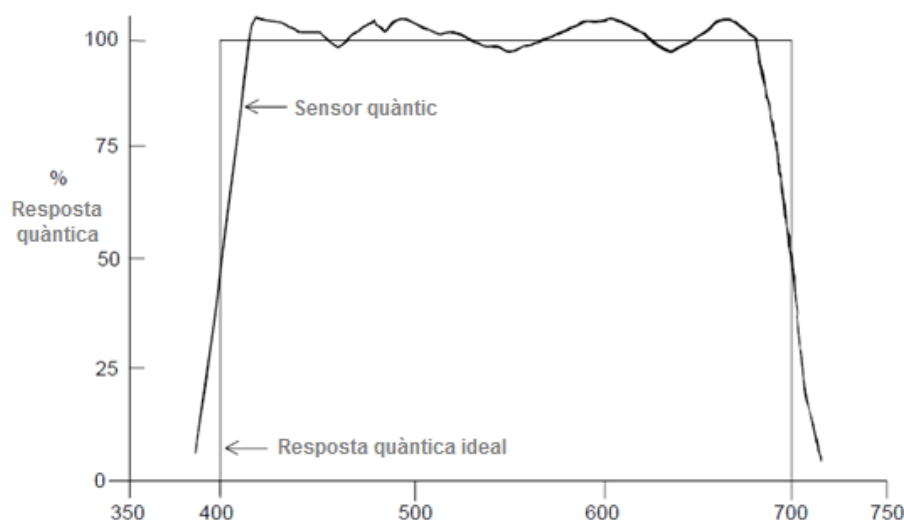


Figura 11. Representació gràfica de la resposta espectral del sensor de radiació PAR.
Font: Campbell Scientific

El sensor està calibrat contra làmpades halògenes de quars, amb un barem d'error d'entre 3 i 5%, i va col·locat sobre un dispositiu d'anivellament (Fig. 12), que permet disminuir considerablement l'error de mesura.



L'SKP215 emet un voltatge de baix nivell que varia entre 0 i 25mV depenent del nivell de radiació, a raó de $1\text{mV} = 100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Figura 12. Sensor SKP215
Font: pròpia

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

4.3.4 Anemòmetre

El Windosonic 1 és un anemòmetre ultrasònic bidimensional creat per Campbell Scientific, capaç de mesurar la velocitat i la direcció del vent de forma precisa i segura (Fig. 13.) A diferència dels anemòmetres de cassoleta, no te cap part mòbil que hagi de ser periòdicament substituïda, tot hi que no és apte per a ser utilitzat en condicions de neu i gel, és un sensor amb uns requeriments de manteniment molt baixos.

Des del punt de vista meteorològic, l'altura recomanable per mesurar el vent és de 10 metres, el motiu principal per mesurar-lo a 2 o a 6 metres és la necessitat de conèixer el valor del vent a aquestes altures per a diferents aplicacions concretes, com són el càlcul del risc d'incendis forestals o el càlcul de l'evapotranspiració de referència, entre d'altres. En el nostre cas el sensor de vent es troba a dos metres, doncs està pensat per a ús agrícola sent d'aquesta manera el punt més pròxim de interferència en els cultius, amb un òptim funcionament dels sensor.

El sensor utilitza dos parells de transductors ortogonals sensibles al vent horitzontal, amb una caputxa que te la funció de fer rebotar el senyal reduint al mínim la distorsió del flux. Així doncs el càlcul es fa mitjançant el temps emprat per un impuls ultrasònic en viatjar des del transductor situat en un extrem del sensor fins a l'altre transductor situat a l'altre extrem. La mesura ve donada en $m \cdot s^{-1}$ i la direcció del vent en graus centígrads (Campbell Scientific, 2016a).

Seguint les instruccions del fabricant està col·locat a una distància de obstacles com edificis o arbres, 10 vegades la seva altura. La orientació del sensor està feta de manera que la marca indicadora, dibuixada damunt del sensor, apunti al nord, així, s'obtenen les lectures de la direcció del vent respecte a aquest punt, de forma que a amb una lectura de 180º sabem que tenim un vent que bufa de direcció sud.

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.



Figura 13. Sensor windsonic.
Font: pròpia

4.3.5 Sensor de temperatura del sòl

El sensor cs107 és un sensor de temperatura de l'aire, sòl i aigua (Fig. 14). En el nostre cas serà emprat per a la mesura de la temperatura del sòl mitjançant dos unitats col·locades a dues profunditats diferents, 10 cm i 30 cm. El seu rang de mesura és de -35° a 50°C .

Aquesta sonda mesura la temperatura al llarg de la seva longitud, de manera que al enterrar-la s'ha fet en posició horitzontal per a obtenir la mesura concreta a la profunditat desitjada. A banda, el cable ha estat enterrat dins d'un tub resistent i alhora flexible, per a evitar possibles danys provocats per maquinària, trànsit o rosegadors.

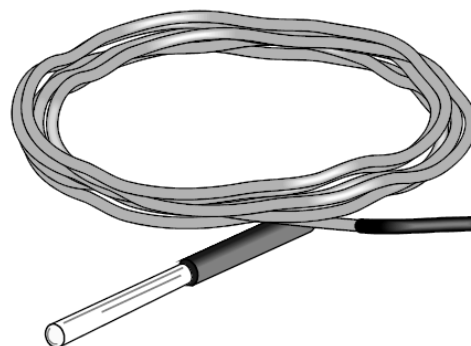


Figura 14. Sensor cs107.
Font: Campbell Scientific

El sensor funciona mitjançant un termistor encapsulat en una carcassa epoxi, o el que és el mateix una resistència elèctrica que varia el seu valor en funció de la temperatura. A més a més, no requereix cap tipus de manteniment. En la figura 15 se'n pot veure un esquema:

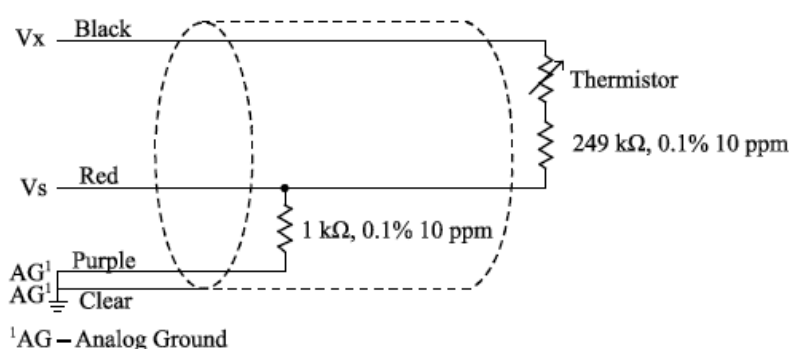


Figura 15. Esquema del termistor emprat pel cs107.
Font: Campbell Scientific

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

D'acord amb el manual facilitat per la marca (Campbell Scientific, 2016b), per a extreure la mesura s'apliquen 2000 mV d'excitació a la línia Vx i es mesura la caiguda de tensió en la resistència d'1kW a la línia Vs. La relació entre la tensió Vs i la tensió d'excitació està relacionada amb la resistència del termistor (Rs), i l'1 kW·ohm i els 249 kW·ohm de les resistències fixes com es veu en l'equació 1.

$$R_s = 1000 \cdot (V_x/V_s) - 250000 \quad [1]$$

La relació del valor Rs amb la temperatura es pot veure en la taula 2, obtinguda mitjançant l'equació de Steinhart-Hart [2].

$$T_c = (1 / (A + B \cdot \ln(R_s) + C \cdot (\ln(R_s))^3)) - 273.15 \quad [2]$$

On:

Tc = temperatura en graus centígrads (°C)

A = 8.271111E-4

B = 2.088020E-4

C = 8.059200E-8

Taula 2. Relació entre la resistència del termistor i la temperatura d'acord amb l'equació de Steinhart-Hart
Font: Campbell Scientific

<u>Temperatura actual (°C)</u>	<u>Resistència del termistor (Ω)</u>	<u>Senyal de sortida (°C)</u>
-35	2892930	-35.00
-34	2705469	-34.00
-33	2531260	-33.00
-32	2369292	-32.00
...
...
52	30984	52.00
53	29763	53.00
54	28596	54.00
55	27481	55.00

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

4.3.6 Sensor d'humitat del sòl

L'EC-5 (Decagon Devices) és el sensor que permet mesurar el contingut volumètric d'aigua del sòl, de 0% a 100%, mitjançant la constant dielèctrica utilitzant la capacitància i una freqüència de 70 Mhz, cosa que el fa apte per a gairebé tot tipus de textures i salinitat de sòl.



Figura 16. Sensor EC-5.
Font: Decagon Devices

Per a col·locar el sensor s'ha fet un forat a 15 cm de profunditat, distància apte per a l'estudi de les necessitats radicular de la vegetació, i s'ha col·locat la cara plana en posició perpendicular al sòl, per a minimitzar els efectes produïts per l'escorrentia de l'aigua. S'ha procurat establir el màxim contacte entre el sòl i el sensor, clavant-lo al fons del forat, i deixant el sòl adjacent en unes condicions el màxim naturals, no gaire compactat, doncs l'àrea pròxima al sensor és la que més influirà en els resultats de mesura.

El sensor (Fig. 16) requereix un voltatge d'excitació entre 2,5 i 3,6 V, i produeix un voltatge de sortida que depèn de la constant dielèctrica del medi que envolta al sensor, oscil·la entre 10 i 50% de la tensió d'excitació. La permitivitat dielèctrica és pot utilitzar per a determinar el contingut volumètric d'aigua del sòl mitjançant l'equació 3 (Decagon Devices, 2016).

$$\varepsilon = 1 / (- 3,3326 \times 10^{-9} * mV^3 + 7,0218 \times 10^{-6} * mV^2 - 5,11647 \times 10^{-3} * mV + 1,30746) \quad [3]$$

Per a cada tipus de sòl es dona una equació a través del qual el sensor fa la mesura, en el nostre cas per a un sòl mineral és la reflectida en l'equació 4 (Decagon Devices, 2016).

$$\theta = 11,9 \times 10^{-4} * mV - 0,401 \quad [4]$$

On mV és el valor de sortida del sensor quan és excitat a 2500mV.

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

4.3.7 Pluviòmetre

El pluviòmetre Young mod. 55203 ha estat seleccionat degut a la seva composició estructural, feta amb materials termoplàstics, que li donen un rendiment màxim, i una elevada resistència a la corrosió. A banda compleix amb els requeriments establerts per la WMO, amb una capacitat de 200 cm² i una resolució de mesura de 0,1 mm (Campbell Scientific, 2011).

Està pensat per a zones de clima temperats amb poca probabilitat de neu i gel, i ubicat en una zona amb baixa quantitat de ràfegues de vent creuades i contaminació, com brutícia suspesa o fulles, que puguin desviar les lectures. Tot hi així convé fer-li una revisió i buidat periòdic.

A diferència de la resta de sensors instal·lats, aquest no funciona mitjançant la lectura de voltatge enviat, sinó que conta la quantitat d'aigua que hi entra a través dels polsos d'un petit balancí instal·lat en el seu interior (Fig. 17 i 18), donant la mesura en mm.

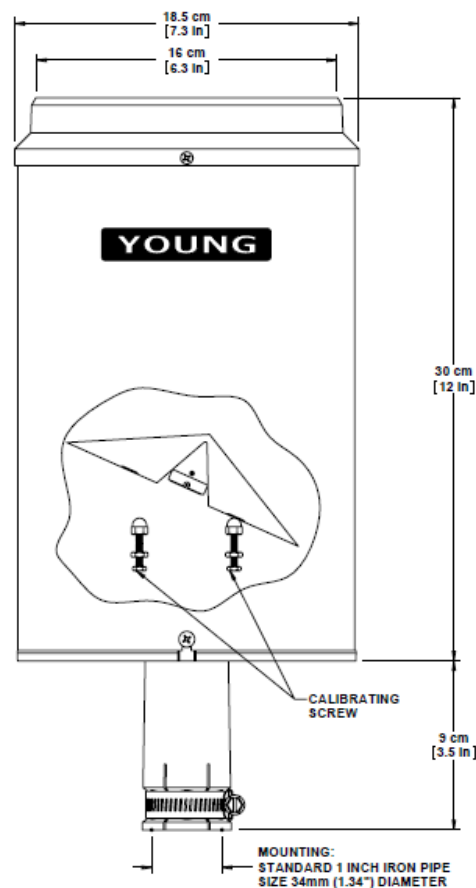


Figura 17. Esquema del sensor Young 55203.
Font: Campbell Scientific



Per a la posta en marxa del sensor s'ha anivellat aquest balancí, mitjançant els cargols de calibració seguint les instruccions del fabricant, per aconseguir una sensibilitat de 50 polsos per cada 100 ml d'aigua inserits. És van anivellar els cargols, de manera que no hi hagués en aquesta proporció un error més elevat del 2%.

Figura 18. Balancí del sensor desmuntat.
Font: Campbell Scientific

La fitxa amb les característiques tècniques d'aquest component està referenciada en l'annex 1.

5. Tractament de la informació

5.1 Adquisició de dades

Per a obtenir les dades que capturen els diferents sensors de l'estació s'utilitza el datalogger CR1000 de Campbell Scientific (annex 1), una potent unitat amb capacitat analògica i digital i amb una infinitat de possibilitats de comunicació amb tot tipus de sensors perifèrics, element indispensable per aconseguir un sistema autònom de lectura de dades. A la figura 19 podem veure un esquema amb les diferents possibilitats de connexió de sensors i entrades perifèriques de que disposa aquest datalogger.

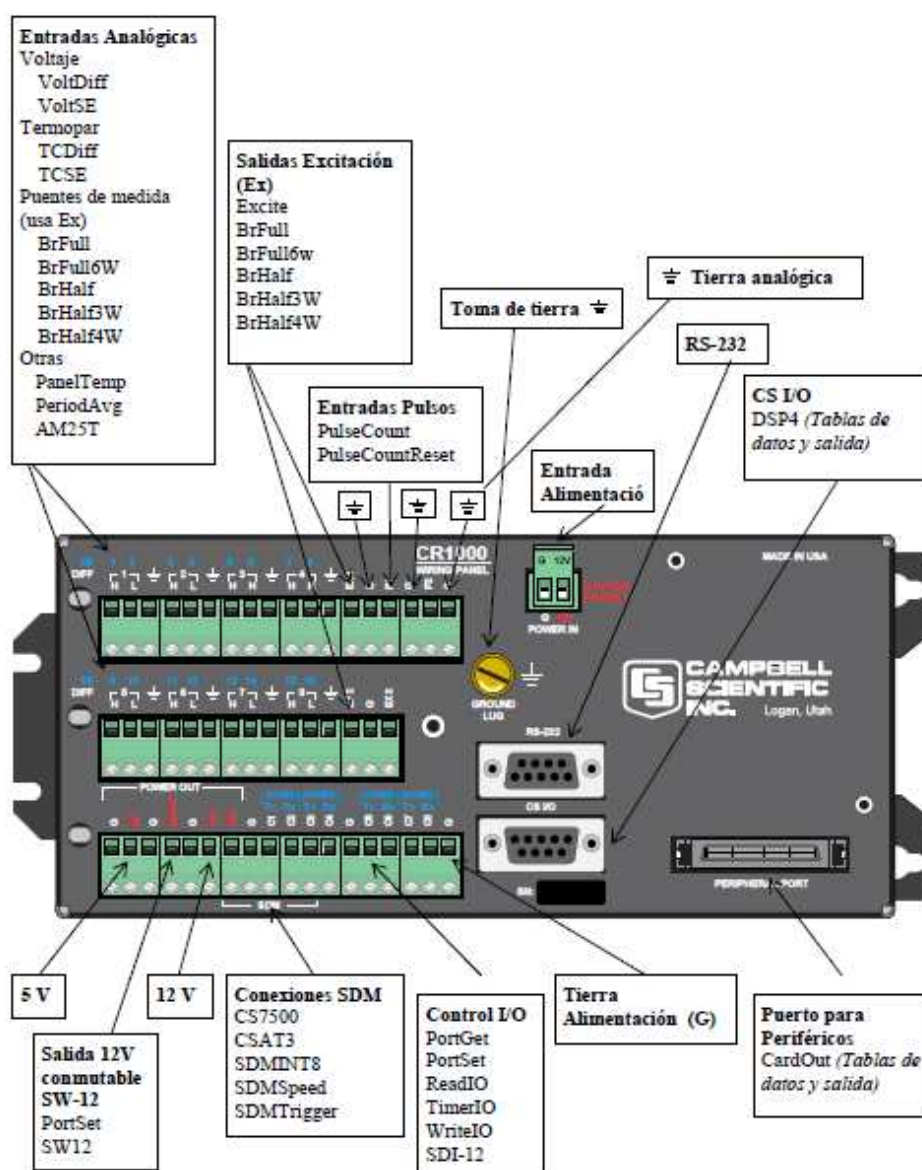


Figura 19. Esquema del datalogger CR1000.
Font: Campbell Scientific

Basant-nos en les característiques de cada sensor, aquests són connectats al datalogger a través d'un canal diferent depenen del seu principi de funcionament, ja sigui per polsos, analògicament, o a través d'un pont d'excitació. El que fa el CR1000 és recollir aquestes lectures aportades per cada sensor i convertir-les en unitats numèriques. A la figura 20 podem veure un esquema bàsic de connexionat dels sensors analògics.

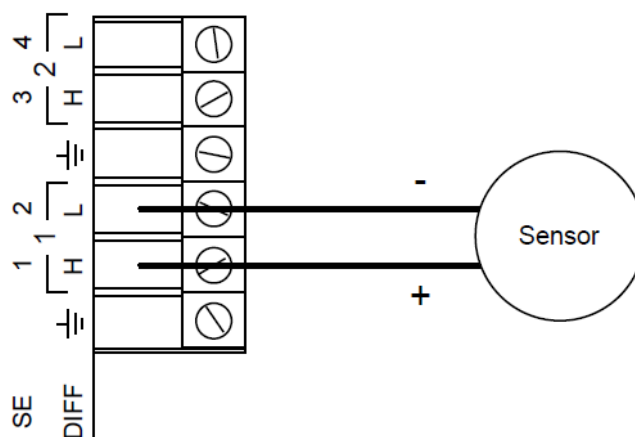


Figura 20. Esquema d'un sensor connectat a un canal diferencial.
Font: Campbell Scientific

Aquesta unitat és pràcticament un estàndard en les estacions de mesura, doncs degut al seu baix consum, elevada resistència i infinitat de possibilitats de programació i configuració, és apte per a un gran ventall d'aplicacions.

El CR1000 està preparat per a ser programat en un llenguatge denominat CRBASIC (Camp Recorder BASIC) que es carrega al datalogger a través d'un fitxer CR1, que ha de ser enviat a la seva memòria, imprescindible per al seu funcionament. Aquest llenguatge és una variant del BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) adaptada a les necessitats del datalogger, amb una sintaxi molt similar, que inclou instruccions de mesura de ponts, voltatge, ports de connexió, emmagatzematge de les dades, etc, adaptant-se d'aquesta manera a tots els tipus de sensors disponibles al mercat (Campbell Scientific, 2016c).

Per a la nostra estació en concret, Campbell ens va facilitar un codi per a capturar les lectures de cada un dels sensors, estructurar-les en dues taules amb diferents característiques que s'exposen en el capítol 6 d'aquest treball, i poder-les visualitzar des de internet de manera automàtica.

En la figura 21 es pot veure l'estructura d'un programa de CRBASIC, el qual reflexa de forma general la manera d'organitzar qualsevol full de programació per a una estació meteorològica automàtica amb aquest llenguatge.

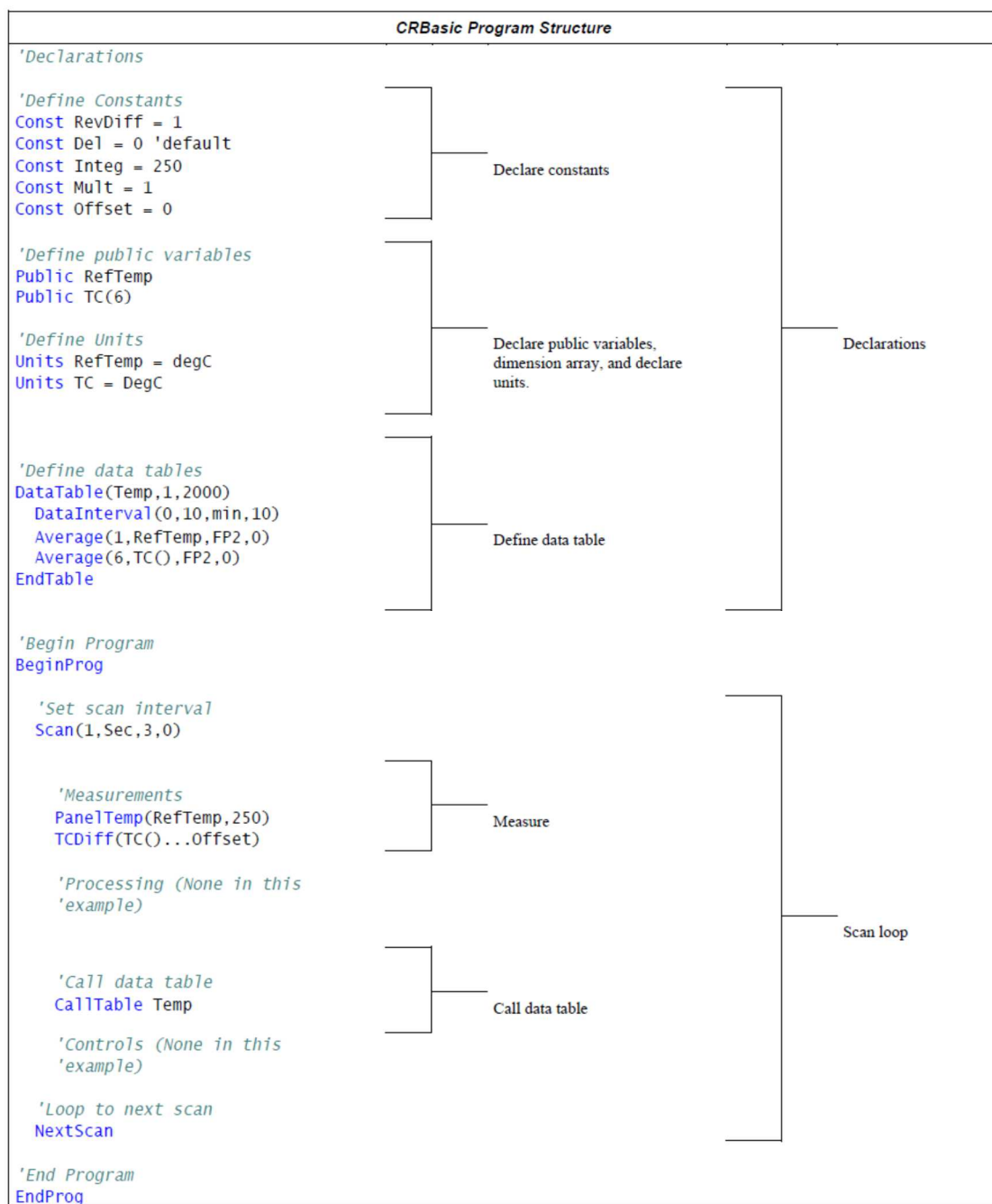


Figura 21. Estructura d'un programa dissenyat amb CRBASIC.
Font: Campbell Scientific

5.2 Transmissió de dades

Paral·lelament connectat al datalogger tenim el mòdul NL115 (annex 1), una altre unitat que ens dona dues funcions bàsiques, activa la possibilitat de crear una connexió Ethernet amb l'estació, amb lo qual les dades són enviades via TCP/IP a internet, i a part actua com a servidor HTTP permetent mostrar la taula creada amb CRBASIC directament al navegador. A més a més ens permet emmagatzemar les dades i la informació obtinguda de l'estació en una targeta extraïble, funció que no hem activat doncs tot el procés l'executem via internet (Campbell Scientific, 2014).

Altre opció interessant que disposa és el fet que permet treballar com a unitat FTP, cosa que facilita enormement l'enviament i la gestió dels arxius.



Figura 22. NL115.
Font: Campbell Scientific

A través de la UPC es va sol·licitar una adreça IP vinculada a un domini upc.edu, per accedir directament a la nostra estació meteorològica.

- IP: 147.83.218.67:6785
- Adreça: <http://agrometeo.upc.edu>

Al connectar amb aquest enllaç el que es fa es cridar, directament, el full de programació creat amb CRBASIC, i mostrar totes les dades segons la programació establerta (annex 2).

5.3 Software de gestió

5.3.1 Loggernet

El loggernet és un paquet informàtic, adquirit juntament amb la resta de sensors, que permet programar, comunicar i recollir dades del datalogger a través d'un PC (Campbell Scientific, 2007). És un complement imprescindible per a treballar amb qualsevol EMA.



Figura 23. Menú principal del loggernet.
Font: pròpia

És una eina força completa alhora de gestionar l'estació, doncs mitjançant una interfície molt intuïtiva (Fig. 23) es poden controlar gran part de processos, des de visualitzar gràfics, a mostrar taules i lectures a temps real mitjançant objectes molt visuals per l'usuari amb el RTMC (Real-Time Monitor and Control), així com també programar l'estació amb l'editor de codi font del CRBASIC. Per citar un exemple de la funcionalitat d'aquest software, va ser emprat per a realitzar el canvi d'hora que vam fer el dia 14/02/2017 a les 18:00 h. La posta en marxa de la estació es va configurar per a que prenguéss les lectures amb el fus horari actual, d'aquesta manera es va reduir dues hores en relació al moment present per a prendre totes les lectures en temps universal (UT). A partir d'aquest moment s'ha de tenir en compte que cal sumar una hora en horari d'hivern i dues en horari d'estiu per passar a l'hora oficial.

La limitació del loggernet radica en que la seva utilització, doncs va lligat a l'adquisició del producte al fabricant i així encercla l'ús en aquells ordinadors on aquest ha estat instal·lat, minimitzant considerablement els usuaris que poden gestionar la unitat. Per a solucionar això en el següent punt es proposa una alternativa a l'abast de qualsevol usuari de forma gratuïta, que tot hi que no és tan completa i detallada com el Loggernet, presenta les opcions bàsiques de gestió fent-la enormement funcional.

5.3.2 Loggerlink

El Loggerlink és una app disponible per a qualsevol dispositiu iOS o Android, que ha posat en marxa Campbell Scientific de forma totalment gratuïta, i que permet gestionar alguns dels paràmetres bàsics de l'estació a través de qualsevol tauleta o telèfon mòbil (Campbell Scientific, 2017).



Timestamp 28/8/17 3:53:21 p. m.	
Record Number	599122
Bateria	13,3156 Volts
Temp	27,4573 Grados C
Hum_Rel	70,8471 %HR
Temp107_1	26,5212 Grados C
Temp107_2	30,125 Grados C
Nivel	NAN cm
Rad_Neta	112,776
Rad_Neta_acum	0,000112776
QR	473,915 mol/m²/s
Lluvia	0 mm
Vel_viento	2,82 m/s
Dir_viento	151 Grados
diag	0
cont_agua	0,251874

Figura 24. Captura de pantalla del LoggerLink visualitzant les dades de la nostra estació a temps real.
Font: pròpia

Té un gran potencial alhora de treballar a camp, doncs com que permet visualitzar a temps real les lectures de l'estació (figura 24), és molt útil alhora de configurar o posar en marxa qualsevol sensor o modificar-ne algun paràmetre.

Simplement introduint la IP i el port vinculat, connecta el dispositiu directament amb la unitat meteorològica.

Dins del seu rang d'opcions permet també modificar els arxius de la memòria de l'estació, visualitzar l'històric de les lectures, i generar gràfics de un o més paràmetres alhora.

6. Exposició i problemàtica de la posta en marxa

A continuació es llisten els problemes i conflictes que han sorgit per arrancar aquesta estació, alguns dels quals s'han pogut solucionar i d'altres que degut a la seva naturalesa no ha estat possible.

Muntatge

Tots els sensors, com s'ha comentat anteriorment, van ser adquirits per la UPC a l'empresa Campbell Scientific l'any 2008, però no va ser fins al 2016 que es va decidir instal·lar l'estació. Arribat aquest punt vàrem realitzar l'obra civil bàsica de connexió elèctrica i de xarxa. Un cop això es va muntar el trípod sobre les sabates de formigó i vam fixar els sensors principals al cos de l'estructura (hmp45c, nr-lite, SKP215 i windsonic). Els sensors que faltaven fixar eren els externs a l'estructura, els que anaven ancorats o enterrats directament al sòl, pluviòmetre, sensors de temperatura del sòl i sensor de humitat del sòl.



Per a una col·locació segura del cablejat es va optar per a col·locar una mànega i un conjunt de tubs de PVC amb l'objectiu de protegir tot el recorregut. Havien de ser suficientment amples per a poder-hi passar les clavilles de connexió, prou resistents per a protegir el cablejat dels rosegadors i de possibles treballs mecànics del sòl, i suficientment flexibles per a que pogués seguir tot el traçat fins a la base de l'estació (Fig. 25 i 26).

Figura 25. Tub de PVC col·locat al fons de la rasa, per a protegir el cablejat del pluviòmetre. Font: pròpia

Aquest factor s'hauria d'haver tingut en compte al moment d'adquirir els sensors, doncs Campbell disposa d'altres solucions tècniques que haguessin facilitat, enormement, el procés de muntatge.



Figura 26. Tubs de PVC col·locats al fons de la rasa, per a protegir el cablejat del pluviòmetre, els dos sensors de temperatura del sòl i el de humitat del sòl
Font: pròpia

Tot hi així, el sistema esmentat ha donat un resultat satisfactori i ha permès l'objectiu desitjat per a prevenir futurs problemes tècnics.

Connexió

En quan a la connexió dels diferents sensors, i un cop dirigit tot el cablejat, es va haver d'adaptar l'armari del datalogger, model ENC 10/12 de la marca Campbell (annex 1), doncs no estava preparat per a la connexió de tot el volum de sensors que es van adquirir.

L'armari de base ja venia muntat amb set entrades de clavilla ràpida que permetien connectar directament alguns dels sensors de forma automàtica al datalogger, tot hi així com s'observa a la part frontal de la figura 27 varem realitzar varies perforacions extres a l'armari i vam col·locar-hi el seu corresponent premsa cable, per a connectar la resta de sensors que faltaven, tals com el cable d'alimentació, que van directament empalmats als borns dels datalogger.



Figura 27. Cablejat que entra dins de la caixa, connectat des de cada sensor fins al CR1000.
Font: pròpia

A banda d'aquesta adaptació mecànica també cal mencionar dos aspectes que van donar problemes durant la connexió d'algun dels sensors.

Ens vam trobar amb el conflicte generat pel pluviòmetre Young, aquest sensor es va posar en marxa el dia 23 de febrer de 2017, i va estar funcionant correctament donant lectures reals fins aproximadament 3 setmanes després, que va començar a registrar lectures aleatòries. Es va obrir, revisar el dispositiu i re-connectar els borns per assegurar que no fos un simple problema de connexió o obturació. També es va analitzar el recorregut de la línia visualment per assegurar que no hi hagués cap problema amb el cablejat.

Paral·lelament a aquest problema en vam localitzar un de similar amb el sensor de humitat del sòl EC-5. Aquest es va posar en marxa el dia 7 de març del 2017, però a diferència del pluviòmetre, des de el mateix dia de connexió, les lectures facilitades per aquest són inamovibles, variant entre 0,23 i 0,25, són dades estranyes donat a les condicions de la zona i a les variacions en el contingut d'aigua en el sòl degudes al reg, precipitació i evapotranspiració, tot hi així no s'han pogut contrastar amb cap altre unitat mòbil o estació propera. Cal esmentar que altres autors que han treballat amb sensors d'humitat d'aquesta marca, i similars al nostre model també han detectat problemes de funcionament (Vidal, 2013; Giralt, 2014).

A dia d'avui i després de posar-nos en contacte amb la casa plantejant diversos dubtes per a intentar avaluar les causes i buscar una solució, ambdós components segueixen sense donar lectures fiables.

Programació i publicació de dades a internet

El full de programació del nostre datalogger (annex 2) està dividit en 3 blocs diferenciats. S'han declarat les variables següents per a identificar cada un dels sensors:

- Temp = sensor de temperatura (graus °C)
- Hum_rel = sensor de humitat relativa (%)
- Temp107_1 = sensor de temperatura del sòl a 30cm (graus °C)
- Temp107_2 = sensor de temperatura del sòl a 15cm (graus °C)
- Rad_Neta = radiòmetre net (W/m^2)
- Rad_Neta_acum = radiòmetre net (MJ/m^2)
- QR = sensor de radiació quàntica ($\mu mol/m^2/s$)
- Lluvia = pluviòmetre (mm)
- Vel_viento = velocitat del vent (m/s)

- Dir_viento = direcció del vent (graus respecte al nord)
- Cont_agua = humitat del sol

Posteriorment s'han generat tres taules per a mostrar les lectures de formes diferents. La primera ens mostra les lectures fetes a temps real, actualitzant-se automàticament cada 10 segons, una segona dona les lectures horàries mitjanes, preses cada deu segons, i finalment una última taula amb les lectures diàries mitjanes, mínimes i màximes. Està configurat per a que es visualitzin com a mínim 24 lectures, però es pot accedir a més volum de dades modificant directament l'adreça del navegador amb el número de dies que es vol mostrar (Campbell Scientific, 2005).

Per acabar, tenim un tercer bloc que consta de la programació individual de cada un dels sensors programat per a fer les lectures automàticament.

La problemàtica sorgida en aquest punt comença a partir d'aquí. El datalogger funciona de manera que automàticament mostra aquesta programació en unes taules bàsiques generades en HTML pel datalogger, l'estètica d'aquestes taules no es pot modificar doncs és visualitza des de la pròpia estació. La idea inicial era projectar les lectures en una pàgina pròpia dissenyada i creada per al projecte, però degut a les limitacions corporatives i a les restriccions incorporades per l'empresa, l'únic que s'ha pogut aconseguir és una modificació de la pàgina principal a través d'un nou full HTML creat per nosaltres, mitjançant el qual s'accedeix a aquestes taules generades pel datalogger.

Campbell disposa a la venda de diferents packs d'edició web, que el que fan és permetre el disseny i la publicació a internet d'aquestes dades de forma personalitzada. Com s'ha mencionat en l'apartat 5.3.2 d'aquest document, el loggernet disposa del RTMC, que és una eina que permet extreure de forma molt visual les lectures dels diferents sensors, hi ha un pack específic que es pot adquirir per a convertir aquests objectes en elements HTML, per a poder publicar-los a internet i fer-ho tot més visual per l'usuari.



7. Comparació de lectures entre estacions meteorològiques

En aquest apartat es comparen lectures de diferents sensors registrades en l'estació d'Agropolis (municipi de Viladecans) i en l'estació que XEMA té localitzada, en el mateix municipi, en un viver hortícola i geogràficament molt propera a l'anterior. Cal esmentar que aquesta estació és calibrada i revisada periòdicament. En la mesura del possible es pretén demostrar la fiabilitat de les lectures donades per la nostra estació.

Respecte als sensors de radiació quàntica, humitat del sòl i radiòmetre net, l'estació de Viladecans no en disposa. Les lectures dels sensors de temperatura del sol i direcció del vent no s'han comparat, el primer es troba a profunditats diferents als nostres, i el segon degut a la ubicació de l'estació no fa possible la comparació de les dades. En quan al nostre pluviòmetre, com s'ha explicat anteriorment segueix donant lectures errades. Així doncs les variables que s'han pogut comparar, ja que són compartides per ambdues estacions, i no dibuixen una variabilitat excessivament elevada degut a les característiques concretes de cada estació han sigut, la temperatura, la humitat relativa i la velocitat del vent. Per a fer-ho s'han agafat totes les lectures horàries mitjanes del mes d'abril de 2017, un total de 720 dades de cada estació i per a cada variable, que van des de les 00:00h del dia 1, fins a les 23:00h del dia 30 del mes.

Com es pot observar en la següent pàgina, les tendències de les tres gràfiques segueixen un mateix patró per a tots tres sensors.

En el cas de la temperatura mitjana (Fig. 28), els pics màxims per dia, i alguns dels mínims de l'estació del XEMA són més elevats, cosa que es pot explicar per la ubicació d'aquesta, que es troba a molt poca distància de diversos edificis i molt a prop de zones formigonades. A banda d'això està envoltada per parcel·les amb un fort impacte d'agricultura intensiva i de hivernacles i magatzems actius, que suposen un elevat pas de vehicles molt a prop dels sensors, així doncs prenent les dades per hora i dia, tenim que de mitja hi ha una diferència de 0,79 °C al llarg de tot el mes entre les dues estacions. El mateix succeeix amb les lectures de la humitat (Fig. 29), tot hi que trobem que de mitja hi ha una diferència de 3,81 % de humitat relativa al llarg de tot el mes, ambdues gràfiques segueixen una tendència molt similar amb les corbes paral·leles.

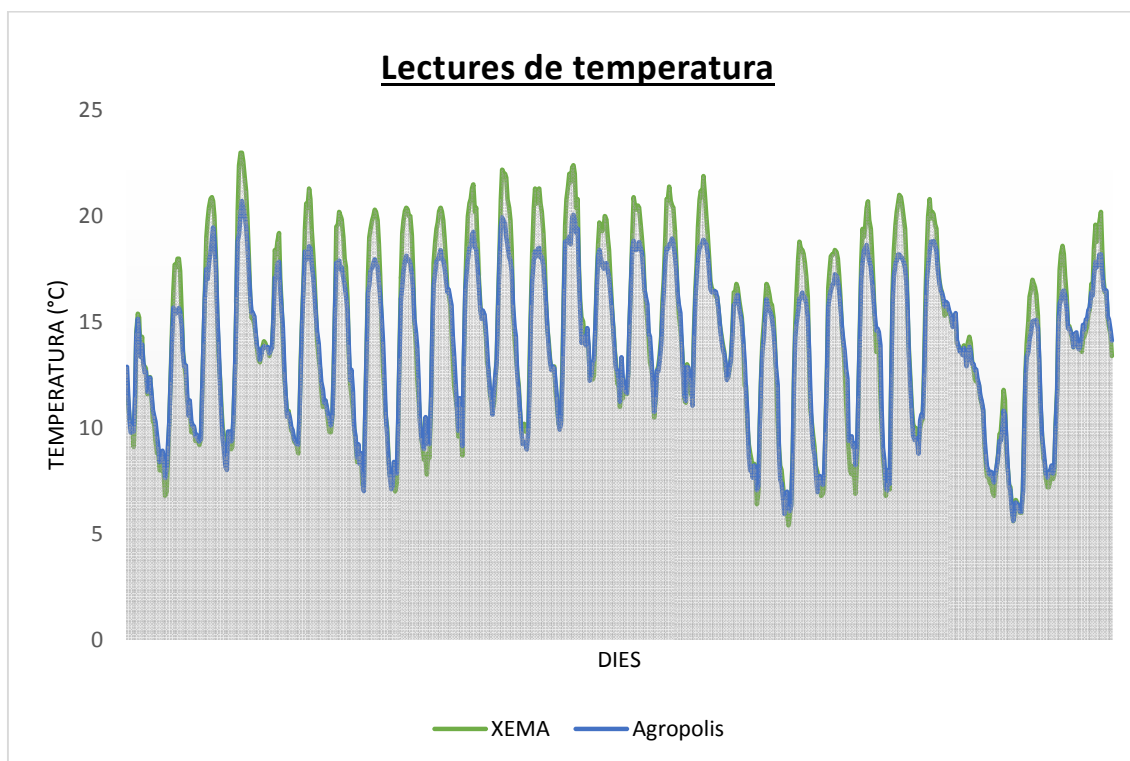


Figura 28. Gràfica comparativa de les lectures de temperatura mitjana corresponents a les estacions agrometeorològiques de Viladecans (XEMA) i d'Agropolis, durant el mes d'Abril de 2017.
Font: pròpia

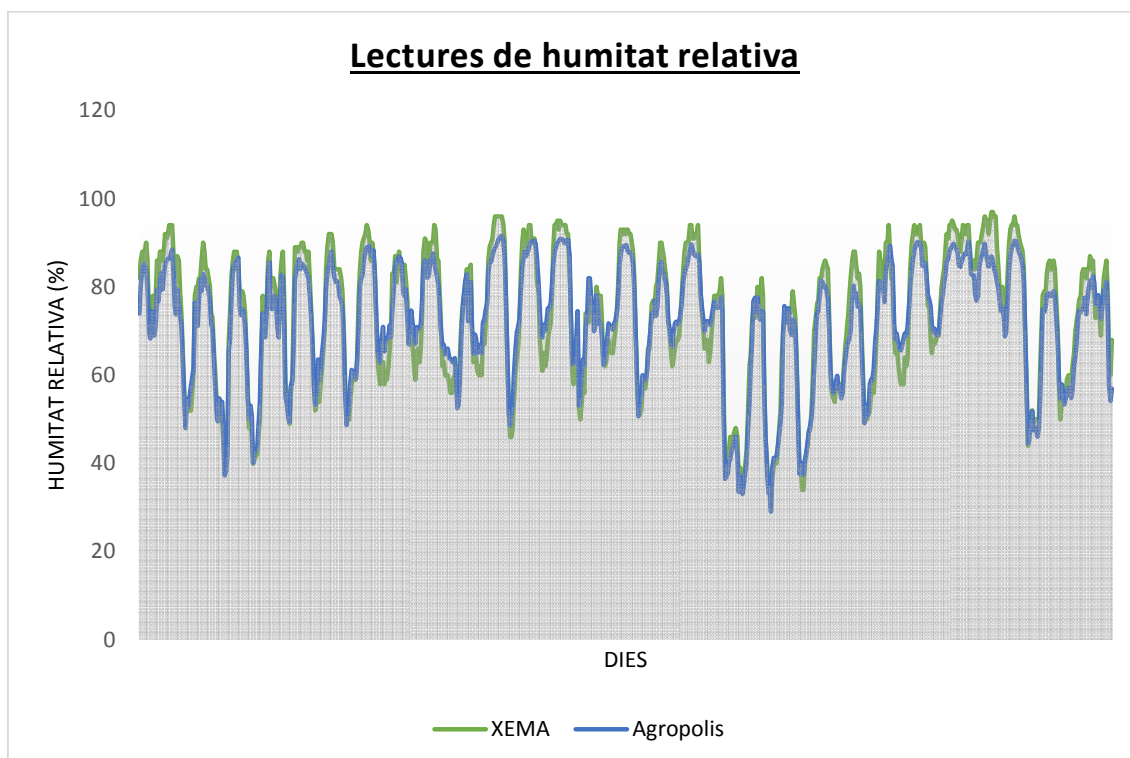


Figura 29. Gràfica comparativa de les lectures de humitat relativa mitjana corresponents a les estacions agrometeorològiques de Viladecans (XEMA) i d'Agropolis, durant el mes d'Abril de 2017.
Font: pròpia

En quan a la velocitat mitjana del vent (Fig. 30), succeeix a l'inrevés, les lectures de la nostra estació en global, es troben per sobre de les lectures de l'estació del XEMA, amb una desviació de 0,84 m/s de mitja amb les dades al llarg de tot el mes, això es degut a que tenim l'estació ubicada en una zona molt més oberta, a molts metres de qualsevol edifici o element que pugui frenar o desviar possibles ràfegues de vent.

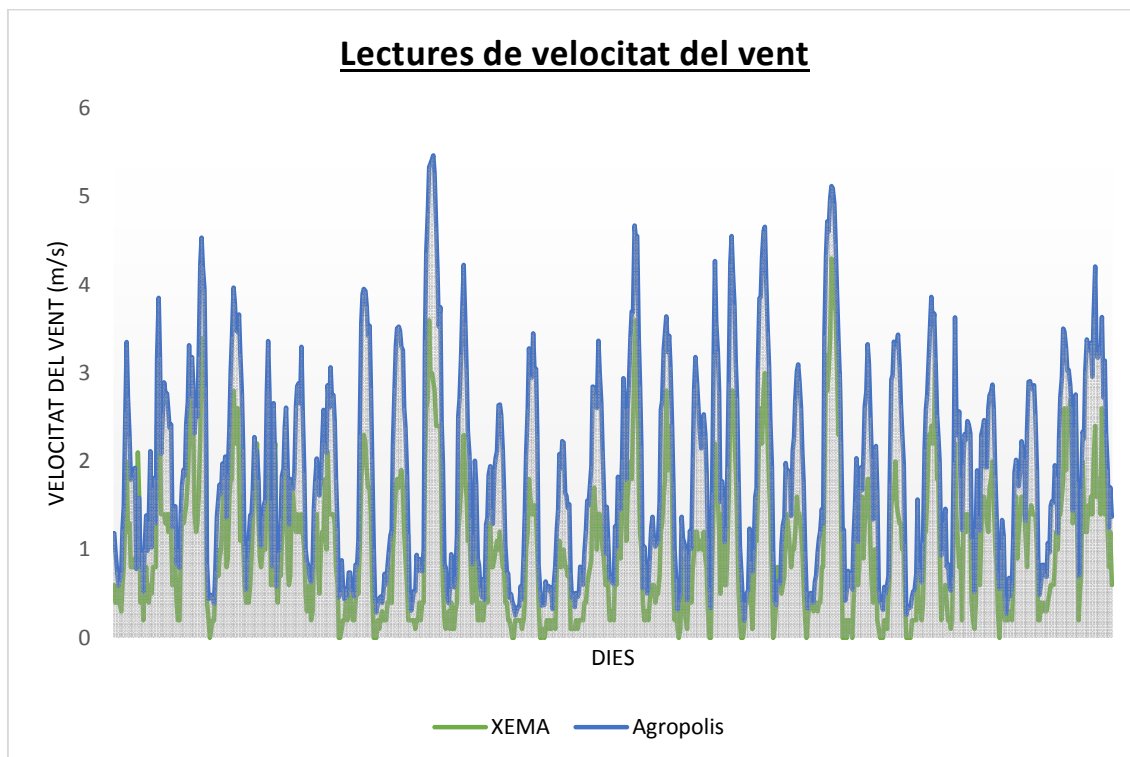


Figura 30. Gràfica comparativa de les lectures de velocitat mitjana del vent corresponents a les estacions agrometeorològiques de Viladecans (XEMA) i d'Agropolis, durant el mes d'Abril de 2017.
Font: pròpia

8. Futures vies de treball

Per a complementar aquesta memòria, es presenten algunes futures vies de treball interessants, amb idees sorgides durant la realització del projecte, i que es poden estudiar per a plantejar en un escenari proper:

- Determinació d'altres variables agrometeorològiques
 - Determinar les evapotranspiracions de referència i del cultiu.
 - Possibilitar l'avaluació de la temperatura del punt de rosada, de la lectura del termòmetre humit i de la pressió de vapor.

- Aplicacions agrícoles i domòtica:
 - Vincular els moments de reg dels cultius de la finca amb la informació facilitada a partir de l'estació.
 - Tancament de les electrovàlvules de reg quan les precipitacions registrades així ho indiquin.
 - Altres programes com per exemple d'avís de gelades, avís de reg, de control de plagues, de càlcul de les hores de fred, etc.

- Implementació d'un sistema d'alimentació autònom: és podria valorar la implementació d'un sistema de bateries alimentades amb energia solar, que permetrien donar una major autonomia al sistema i evitar la despesa elèctrica relacionada. Per això s'hauria d'estudiar quines bateries i quina grandària de panell solar seria la més adequada, així com dissenyar i muntar el regulador de càrrega. Caldria també estudiar la viabilitat econòmica del projecte així com fer una estimació d'estalvi energètic.

- Adquisició d'altres sensors: seria convenient l'adquisició d'un piranòmetre, per tal de que aquesta estació es pogués considerar una estació agrometeorològica completa.

- Incorporació de l'estació a la xarxa d'estacions meteorològiques de Catalunya (XEMA):
actualment l'estació de la XEMA més propera és la de Viladecans, a poc més de 1 km de la nostra, ubicada en una antiga finca agrícola abandonada. El punt més interessant d'aquest apartat seria valorar la incorporació de la nostra estació al XEMA, i d'aquesta manera disposar del manteniment periòdic de tots els components de l'estació realitzat per tècnics especialitzats, de la revisió diària de les variables registrades, i de la visualització d'aquestes variables a través, entre d'altres del portal Ruralcat. De moment aquesta incorporació no és viable degut a l'elevat cost econòmic que representaria per a l'ESAB.

9. **Conclusions**

Les principals conclusions, que s'extreuen d'acord amb els objectius plantejats i la feina realitzada, són:

- L'obra civil realitzada va ser l'adequada per a la implantació de l'estació.
- La programació del datalogger i la seva sincronització amb els sensors va ser satisfactòria.
- El seguiment de les variables registrades indica que la majoria dels sensors i altres components instal·lats funcionen correctament, llevat del pluviòmetre i del sensor de humitat del sòl.
- La creació de la pàgina web <http://agrometeo.upc.edu> permet als usuaris visualitzar la informació de l'estació a temps real i consultar dades horàries i diàries.
- S'ha realitzat satisfactòriament un contrast de les variables comparables, entre la nostra estació i l'estació de Viladecans de la XEMA, que corrobora la fiabilitat de les dades obtingudes.

10. **Bibliografia**

Campbell Scientific, Ltd (1996). SKP215 User guide, 11 pp.

(https://s.campbellsci.com/documents/fr/manuals/skp_215.pdf, última consulta: 14/09/2017)

Campbell Scientific, Inc (1998). Instruction Manual CM10K Tripod kit, 11 pp.

(<https://s.campbellsci.com/documents/eu/manuals/cm10k.pdf>, última consulta: 02/05/2017)

Campbell Scientific, Inc (1998). Instruction Manual CM10K Tripod kit, 11 pp.

(<https://s.campbellsci.com/documents/eu/manuals/cm10k.pdf>, última consulta: 02/05/2017)

Campbell Scientific Spain (2005). Manual curso CR100/LoggerNet, 113 pp.

(<https://es.scribd.com/document/168642430/Curso-CR1000-LoggerNet-Castellano>, última consulta: 28/06/2017)

Campbell Scientific, Inc (2009). Instruction Manual Model HMP45C temperature and relative humidity probe, 23 pp. (<https://s.campbellsci.com/documents/af/manuals/hmp45c.pdf>, última consulta: 14/09/2017)

Campbell Scientific, Inc (2010). Instruction Manual NR-LITE Net Radiometer, 21 pp.

(<https://s.campbellsci.com/documents/cr/manuals/nr-lite.pdf>, última consulta: 14/09/2017)

Campbell Scientific, Inc (2011). Instruction Manual 52202 Electrically Heated Rain and Snow Gage, 17 pp. (<https://s.campbellsci.com/documents/es/manuals/52202.pdf>, última consulta: 15/09/2017)

Campbell Scientific, Inc (2014). Instruction NL115 Ethernet and CompactFlash© Module, 37 pp. (<https://s.campbellsci.com/documents/sp/manuals/nl115.pdf>, última consulta: 15/09/2017)

Campbell Scientific, Inc (2016a). Instruction Manual Windsonic1 and Windsonic4 two-dimensional sonic anemometers, 49 pp. (<https://s.campbellsci.com/documents/au/manuals/windsonic.pdf>, última consulta: 14/09/2017)

Campbell Scientific, Inc (2016b). Instruction Manual Model 107 temperatura probe, 47 pp. (<https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/107.pdf>, última consulta: 14/09/2017)

Campbell Scientific, Inc. (2016c) . CR1000 Datalogger Operator's manual. 628 pp (<https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr1000.pdf>, última consulta 15/09/2017)

Campbell Scientific, Inc. (2017). LoggerLink Mobile App for Android. 41 pp (https://s.campbellsci.com/documents/au/manuals/loggerlink_android.pdf, última consulta 15/09/2017)

Decagon Devices, Inc. (2016). EC-5 Soil moisture sensor. Operator's Manual. 19 pp. (http://manuals.decagon.com/Manuals/13876_EC-5_Web.pdf, última consulta 15/09/2017)

Giralt, M. (2014) Impedància electromagnètica, salinitat i textura en sòls del Baix Llobregat. Treball final de Grau. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. UPC, 68pp (<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/22297/memoria.pdf?sequence=4>, última consulta 14/07/2017).

Parlament de Catalunya (2002). Llei de Meteorologia. Llei 15/2001. Parlament de Catalunya, 32 pp. (<https://www.parlament.cat/document/nom/TL%2019In.pdf>, última consulta: 19/04/2017)

Servei meteorològic de Catalunya (2011). Les estacions meteorològiques automàtiques (EMA). Generalitat de Catalunya, 39 pp (http://static-m.meteo.cat/wordpressweb/wp-content/uploads/2014/11/18120559/Les_Estacions_XEMA.pdf, última consulta: 11/07/2017)

U.S. Environmental protection agency (2000). Meteorological monitoring guidance for regulatory modeling applications, 170 pp. (<https://www3.epa.gov/scram001/guidance/met/mmgrma.pdf>, última consulta: 24/08/2017)

Vidal, R. (2013). Evaluación de la respuesta de un modelo de sensor capacitivo a las condiciones de salinidad, temperatura y humedad del suelo. Treball Final de Grau. Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Altres fonts consultades:

Portal Meteocat: <http://www.meteo.cat/observacions/xema>

Portal Ruralcat: <http://www.ruralcat.net/web/guest/agrometeo>

Portal UPC: <http://www.upc.edu/parcupc/espais/viladecans/agropolis>



Annex 1: Datasheet dels components



HMP45C

Temperature and Relative Humidity Probe



The HMP45C is a rugged, accurate temperature/RH probe manufactured by Vaisala Inc., that is ideal for long-term, unattended applications. The probe uses a capacitive polymer H chip to measure RH and a PRT to measure temperature.

To reduce the current drain, power can be supplied to the HMP45C only during measurement when the sensor is connected to the datalogger's switched 12 V terminal. Dataloggers that do not have a switched 12 V terminal, such as the CR510 or CR7, can use the SW12V Switched 12 V device to switch power to the sensor only during measurement. For optimum results, the HMP45C should be recalibrated annually.

Sensor Mounts

The 41003-5 radiation shield should be used when the HMP45C is exposed to sunlight. The 41003-5 can attach directly to a mast or tower leg or to a CM202, CM204, or CM206 crossarm.

Ordering Information

Air Temperature and Relative Humidity Probe

HMP45C-L Vaisala Temperature/RH Probe with user-specified cable length. Enter cable length, in feet, after the -L. The maximum cable length is 1000 ft. Each 100 ft of cable increases the apparent RH reading by approximately 0.56% RH and the temperature by 0.56°C. Must choose a cable termination option (see below).

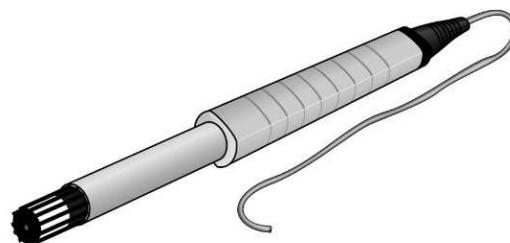
Cable Termination Options (choose one)

- PT** Cable terminates in stripped and tinned leads for direct connection to a datalogger's terminals.
- PW** Cable terminates in connector for attachment to a prewired enclosure.

Accessories

SW12V Switched 12 V device that uses a control port and a 12 V channel to switch power to the HMP45C instead of a switched 12 V terminal.

41003-5 10-Plate Gill Radiation Shield to house the HMP45C



Recommended Cable Lengths

2-m Height		Atop a tripod or tower via a 2-ft crossarm such as the CM202								
Mast/Leg	CM202	CM6	CM106	CM10	CM110	CM115	CM120	UT10	UT20	UT30
9 ft	11 ft	11 ft	14 ft	14 ft	14 ft	19 ft	24 ft	14 ft	24 ft	37 ft

Note: Add two feet to the cable length if mounting the enclosure to the leg base of a CM106, CM110, CM115, or CM120 tripod.



Manufacturer Specifications

Supply Voltage: 12 Vdc nominal

Current Consumption: ≤4 mA (active)

Dimensions

Diameter: 1 in. (2.5 cm)

Length: 10 in. (25.4 cm)

Weight: 0.6 lb. (0.27 kg)

Filter: 0.2 µm Teflon® membrane

Filter Diameter: 0.75 in. (1.9 cm)

Operating Temperature: -40° to +60°C

Air Temperature

Temperature Sensor: 1000 ohm PRT

Measurement Range: -39.2° to +60°C

Output Signal Range: 0.008 to 1.0 V

Temperature Accuracy: see graph below

Relative Humidity (RH)

Sensor: Vaisala's HUMICAP® H-chip

Measurement Range: 0.8 to 100% RH, non-condensing

Output Signal Range: 0.008 to 1 Vdc

Accuracy at 20°C

against factory reference: ±1% RH

field-calibrated

against references: ±2% RH (0 to 90% RH)

±3% RH (90% to 100% RH)

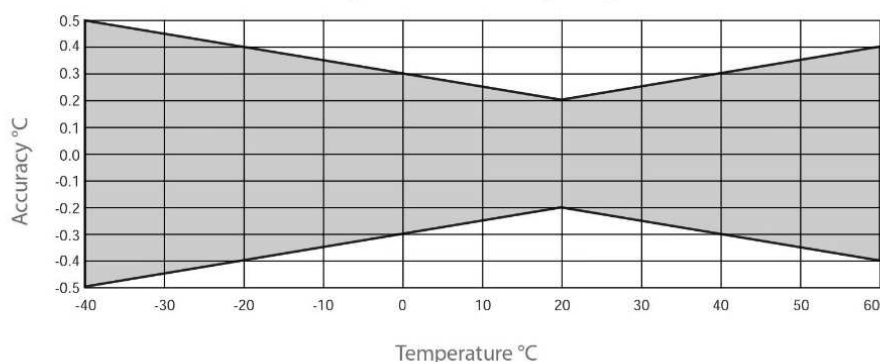
Temperature Dependence: ±0.05% RH/°C

Long-Term Stability: Typically, better than 1% RH per year

Response Time: 15 seconds with membrane filter (at 20°C, 90% response)

Settling Time: 500 milliseconds

Temperature Accuracy Graph



Notes:

- (1) The black outer jacket of the cable is Santoprene® rubber. This compound was chosen for its resistance to temperature extremes, moisture, and UV degradation. However, this jacket will support combustion in air. It is rated as slow burning when tested according to U.L. 94 H.B. and will pass FMVSS302. Local fire codes may preclude its use inside buildings.
- (2) The HMP45C is manufactured by Vaisala, Inc. (Woburn, MA) but cabled and modified by Campbell Scientific for use with our dataloggers.



Campbell Scientific, Inc. | 815 W 1800 N | Logan, Utah 84321-1784 | (435) 753-2342 | www.campbellsci.com
 USA | AUSTRALIA | BRAZIL | CANADA | COSTA RICA | ENGLAND | FRANCE | GERMANY | SOUTH AFRICA | SPAIN

Copyright © 1998, 2011
 Campbell Scientific, Inc.
 Printed January 2011



NR-LITE

Net Radiometer

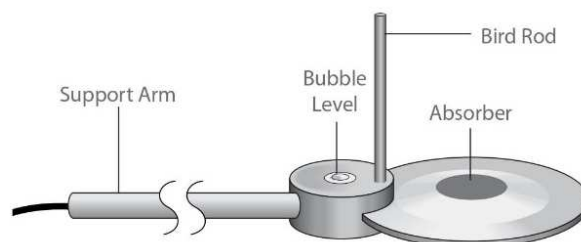


The NR-LITE is a rugged net radiometer manufactured by Kipp & Zonen. Net radiometers measure the energy balance between incoming short-wave and long-wave IR radiation relative to surface reflected short-wave and outgoing long-wave IR radiation. This net radiometer includes two black conical absorbers; one facing upward, the other facing downward. They are coated in Teflon® making them resistant to weather without requiring a fragile plastic dome. Both absorbers are calibrated to an identical sensitivity coefficient.

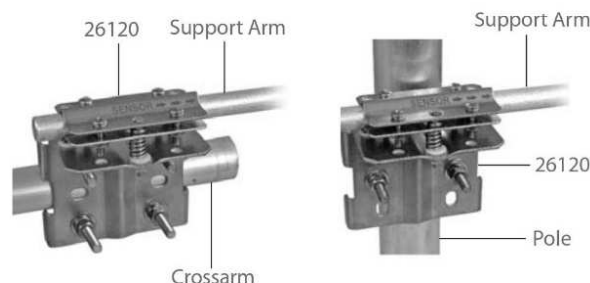
The net radiometer outputs a millivolt signal that is measured directly by a Campbell Scientific datalogger. Please note that the NR-LITE is not compatible with our CR200(X)-series dataloggers.

Mounting

To avoid shading effects and to promote spatial averaging, the NR-LITE should be mounted at least 5 ft (1.5 m) above the ground. Campbell Scientific recommends mounting the NR-LITE to a separate vertical pipe at least 25 feet away from other mounting structures. The 26120 Net Radiation Sensor Mounting Kit is used to mount the NR-LITE to a vertical pole or a horizontal crossarm (CM202, CM204, or CM206).



The NR-LITE includes a bubble level to aid in correct installation and a rod that deters birds from roosting on the sensor.



The 26120 Net Radiation Sensor Mounting Kit allows the radiometer to be mounted to a vertical pole or horizontal crossarm.

Ordering Information

Net Radiometer

NR-LITE-L Kipp & Zonen Net Radiometer with user-specified cable length. Enter the cable length in feet after the -L. A 48-ft cable length is recommended. Must choose a cable termination option (see below).

Cable Termination Options (choose one)

- PT** Cable terminates in stripped and tinned leads for direct connection to a datalogger's terminals.
- PW** Cable terminates in connector for attachment to a prewired enclosure.

Mount

26120 Net Radiation Sensor Mounting Kit for mounting the radiometer to a vertical pole or horizontal crossarm.

Specifications

Sensor:	Blackened thermopile
Spectral Response:	0 to 100 μm
Response Time (e^{-1}):	20 seconds (nominal)
Sensitivity:	10 $\mu\text{V W}^{-1} \text{m}^2$ (nominal)
Output Range:	$\pm 25 \text{ mV}$
Range:	$\pm 2000 \text{ W m}^{-2}$
Temperature Range:	-30° to 70°C
Dimensions	
Sensor:	3.1 inch (8.0 cm) diameter
Support Arm:	0.6 inch (1.6 cm) diameter; 31.5 inch (80 cm) length
Weight:	23 oz. (635 g)
Datalogger Requirements:	One differential or single-ended analog channel
CE Compliance:	CE compliant under the European Union's EMC directive



Campbell Scientific, Inc. | 815 W 1800 N | Logan, Utah 84321-1784 | (435) 753-2342 | www.campbellsci.com
 USA | AUSTRALIA | BRAZIL | CANADA | COSTA RICA | ENGLAND | FRANCE | GERMANY | SOUTH AFRICA | SPAIN

Copyright © 2001, 2010
 Campbell Scientific, Inc.
 Printed January 2010





Capteurs de Rayonnement

SP1110, SKP215



Surveillance environnementale avec les centrales d'acquisition de Campbell Scientific

Introduction

Ces capteurs, fabriqués par Sky Instruments, sont l'idéal pour une utilisation en extérieur. Ils sont entièrement compatibles avec les centrales de mesure Campbell Scientific.

Pyranomètre SP1110

C'est un capteur de rayonnement compact, thermiquement stable, à sortie élevée et basé sur une cellule photoélectrique en silicium. Il est calibré par rapport à un pyranomètre à thermopile de référence, et ce dans des conditions naturelles de luminosité. Ces applications incluent les Stations météorologiques pour l'agriculture ou l'horticulture et l'étude de l'écosystème.

Capteur Quantique SKP215

Le SKP215 mesure les quanta incidents entre 400nm et 700nm. La lumière de cette bande de longueurs d'ondes est utilisée pour la photosynthèse qui est souvent référencée comme le 'PAR' (Rayonnement Photosynthétiquement Actif).

Les quanta en dessous de 400nm ne sont généralement pas utilisés pour la photosynthèse et ceux au-dessus de 700nm n'ont pas d'énergie suffisante pour le processus. Le nombre de quanta est lié à la production de sucre et cette mesure est actuellement un standard de référence des publications scientifiques mondiales.

Le filtre dans le capteur permet à la mesure d'être faite sous toute source de lumière (soleil, tungstène, fluorescence, xénon, etc.)

Rayonnement net

Le rayonnement net est un paramètre important pour les études d'estimation de l'évapotranspiration (dans l'estimation des besoins en irrigation par exemple). Les SP1110 et SKP215 ne sont pas adaptés pour mesurer le rayonnement net, mais nous proposons des capteurs appropriés au verso.

Fonctionnalités clés

Capteurs de haute qualité pour des mesures de rayonnement PAR et de rayonnement net

Connexion directe à une centrale d'acquisition de données

Aucune alimentation nécessaire

Calculs de maximum, de moyenne, de densité de flux et de flux total

Applications typiques

Météorologie

Horticulture

Recherche agricole

Etudes de balance énergétique dans les constructions

Campbell Scientific Ltd - 3 Avenue de la Division Leclerc - 92160 ANTONY - France - RCS Nanterre B 391 951 555

Tél.: +33 (0)1.56.45.15.20 - Fax: +33 (0)1.46.66.26.20 - Courriel : contact@campbellsci.fr - www.campbellsci.fr

Succursale française de Campbell Scientific Ltd - Campbell Park - 80 Hathern Road - Shepshed - Leicestershire - LE12 9RP - UK



Applications typiques pour le SKP215

- Estimation de la dérive des sources de rayonnement,
- Conception des zones de lumière des serres et des chambres environnementales,
- Prévion de l'efficacité de l'activité de la photosynthétique dans la croissance des plantes, particulièrement dans les conditions de la lumière fluctuante telle que sous couverture foliaire,

Autres pyranomètres

Pour les pyranomètres conformes aux spécifications du WMO, veuillez vous référer à nos fiches techniques des capteurs CM3 et CM6B de Kipp & Zonen.

Caractéristiques

SP1110

- Sensibilité à la lumière entre 350nm et 1100nm
- Préréglage en sortie 1mV par 100Wm^{-2}
 - Cosinus directeur corrigé (erreurs typiques de zéro entre 0 et 70°C, < 10% de 85 à 90°C)
- Détecteur de cellule photoélectrique en silicium bleu renforcé; faible vieillissement
- Construit par Dupont 'Derlin', tête de capteur totalement hermétique, IP68
- Température de fonctionnement -35°C à +75°C
- Précision absolue $\pm 5\%$ (typiquement $\pm 3\%$)
- 3m de câble en standard

SKP215

Le capteur est calibré en $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Le μmol est le nouveau nom de l'unité $\mu\text{Einstein}$, qui est le millionième du nombre d'Avogadro des quanta ou des protons.

- Sensibilité à la lumière entre 400nm et 700nm
- Préréglage de sortie 1mV par $100\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Les autres caractéristiques sont identiques à celles du SP1110

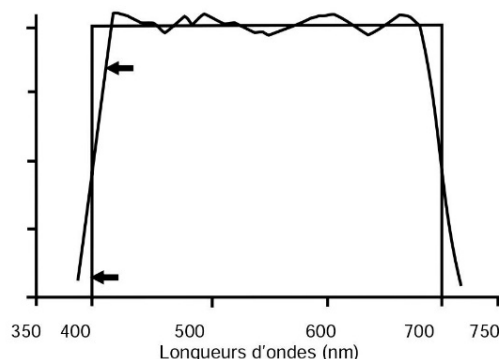
Rayonnement net

Le rayonnement net est la somme algébrique de toutes les longueurs d'ondes (ondes courtes + longues ondes) entrante et sortantes.

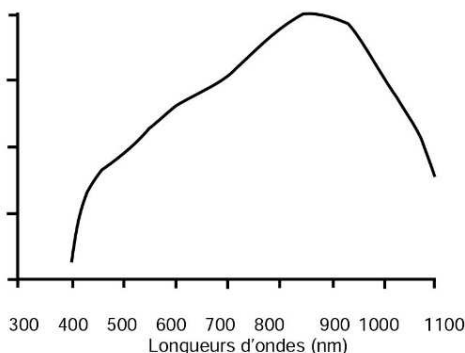
Le rayonnement supérieur est composé du rayonnement incident et du rayonnement solaire diffus, plus l'irradiation des longueurs d'ondes du ciel. Le rayonnement inférieur est composé du rayonnement solaire réfléchi plus la composante des longueurs d'ondes terrestre.

Pour les applications standard, nous recommandons l'utilisation du capteur NR-LITE de Kipp & Zonen. Ce capteur est décrit dans une fiche séparée.

Des capteurs de rayonnement net de plus grande qualité sont disponibles sur commande spéciale.



Réponse spectrale typique du SKP215



Réponse spectrale typique du SP1110

**Veuillez contacter
Campbell Scientific pour
plus d'informations sur les
capteurs et les systèmes
d'acquisition de données**



WindSonic1 and WindSonic4

2D Ultrasonic Anemometers



No moving parts

Minimizes routine maintenance costs

Overview

The WindSonic1^a and WindSonic4^a are two-dimensional ultrasonic anemometers for measuring wind speed and wind direction. They provide an alternative to traditional mechanical cup and vane or propeller and vane anemometers.

The WindSonic1 and WindSonic4 differ in their output signal. The WindSonic1 outputs an RS-232 signal that our newer dataloggers can measure (not compatible with our CR200(X) series). The

WindSonic4 outputs an SDI-12 signal that can be read by our CR200(X)-series dataloggers as well as most other dataloggers.

The Windsonic1 and WindSonic4 are not heated and are not recommended for conditions where rime, ice, or horizontal snow will occur. Please contact Campbell Scientific for information on a heated 2D sonic anemometer that will work in these conditions.

Benefits and Features

- › Low maintenance—no moving parts significantly reduces maintenance cost and time
- › Eight WindSonic1 anemometers can connect to a CR6 datalogger; four to a CR1000 or CR3000 datalogger; two to a CR800 or CR850 datalogger; and one to a CR300 datalogger
- › Provides a minimum detectable wind speed of 0.01 m s⁻¹
- › WindSonic1 can interface with the SDM-SIO1A (not compatible with the CR300) or 31897 RJ45 terminal block adapter (CR6 only) to increase the number of sensors a datalogger can measure

^aThe WindSonic1 and WindSonic2 are manufactured by Gill Instruments, Incorporated.

questions & quotes: 435.227.9120
www.campbellsci.com/windsonic1



Technical Details

Orthogonally-Oriented Transducers

The WindSonic1 and WindSonic4 use two pairs of orthogonally oriented transducers to sense the horizontal wind. The transducers bounce the ultrasonic signal from a hood, thus minimizing the effects of transducer shadowing and flow distortion.

Mounting

The WindSonic1 and WindSonic4 are shipped with the 17387 mounting kit. This mounting kit is used to attach the sensor to a crossarm such as the CM202, CM203, CM204, or CM206. The crossarm is then mounted to a tripod or tower.

Ordering Information

2D Ultrasonic Anemometers

WINDSONIC1-L Gill 2D Sonic Wind Sensor with RS-232 Output. Enter cable length, in feet, after the -L. Must choose a cable termination option.

WINDSONIC4-L Gill 2D Sonic Wind Sensor with SDI-12 Output. Enter cable length, in feet, after the -L. Must choose a cable termination option.

Cable Termination Options (choose one)

-PT Cable terminates in stripped and tinned leads for direct connection to a datalogger's terminals.

-PW Cable terminates in connector for attachment to a prewired enclosure.

Cable Length Recommendations¹

CM106B ²	CM110 ²	CM115 ²	CM120 ²	UT10	UT20	UT30
4 m (13 ft)	4 m (13 ft)	6 m (19 ft)	7 m (24 ft)	4 m (13 ft)	7 m (24 ft)	10 m (34 ft)

Notes:

1. The lengths assume the sensor is mounted atop the tripod/tower at the end of a 2 ft crossarm.
2. The lengths assume the enclosure is mounted to the tripod mast. If it is mounted to the leg base, add 0.6 m (2 ft) to the cable length.

Specifications

- Diameter: 14.2 cm (5.6 in.)
- Length: 16.0 cm (6.3 in.)
- Weight: 0.5 kg (1.1 lb)
- Operating Humidity: < 5% to 100% RH
- Temperature Range
 - Operating: -35° to +70°C
 - Storage: -40° to +80°C
- Input Voltage: 9 to 30 Vdc
- Typical Current Drain
 - WindSonic1: ~15 mA continuous
 - WindSonic4: <10 mA @ 12 V
- Measurement Frequency: 40 Hz block averaged to a 1 Hz output frequency
- Output Parameters: Polar (direction and speed) or orthogonal (U_x and U_y wind)
- Output Signal
 - WindSonic1: RS-232
 - WindSonic4: SDI-12 version 1.3
- WindSonic1 Maximum Cable Capacitance: 2500 pF

Maximum Cable Length^b

- WindSonic1: 15.24 m (50 ft)
- One WindSonic4 Connected to One Port: 91.44 m (300 ft)
- Two to Ten WindSonic4s Connected to One Port: 60.91 m (200 ft)

Wind Direction

- Range: 0° to 359° (no dead band)
- Accuracy: $\pm 3^\circ$
- Resolution: 1°

Wind Speed

- Range: 0 to 60 m s⁻¹
- Accuracy: $\pm 2\%$ @ 12 m s⁻¹
- Resolution: 0.01 m s⁻¹

^bContact Campbell Scientific if longer cable lengths are required.



Campbell Scientific, Inc. | 815 W 1800 N | Logan, UT 84321-1784 | (435) 227-9120 | www.campbellsci.com
USA | AUSTRALIA | BRAZIL | CANADA | CHINA | COSTA RICA | FRANCE | GERMANY | SE ASIA | SOUTH AFRICA | SPAIN | UK

© 2004, 2016
Campbell Scientific, Inc.
August 5, 2016





107 and 108

Temperature Sensors



Rugged, Accurate, Versatile

Can be used in a variety of applications

Overview

The 107 and 108 are rugged, accurate sensors that measure air, soil, and water temperature in a variety of applications. These sensors consist of a thermistor encapsulated in an epoxy-filled

aluminum housing. The housing protects the thermistor allowing the sensors to be buried or submerged. The 107 measures from -35° to $+50^{\circ}\text{C}$, the 108 from -5° to $+95^{\circ}\text{C}$.

Benefits and Features

- Versatile product—measures air, soil, or water temperature
- Compatible with AM16/32-series multiplexers allowing measurement of multiple sensors
- Easy to install or remove
- Durable
- Compatible with most dataloggers*

Installation

Air Temperature

When exposed to sunlight, the 107 and 108 sensors should be housed in a 41303-5A, 41303-5B, or RAD06 6-plate radiation shield. The louvered construction of these radiation shields allows air to pass freely through the shield thereby keeping the sensor at or near ambient temperature. The shields' white color reflects solar radiation.

The RAD06 uses a double-louvered design that offers improved sensor protection from driving rain, snow, insect intrusion and has lower self-heating in bright sunlight combined with higher temperatures ($> 24^{\circ}\text{C}$ ($\sim 75^{\circ}\text{F}$)) and low wind speeds ($< 2 \text{ m s}^{-1}$ ($\sim 4.5 \text{ mph}$)) giving a better measurement.

The 41303-5A and RAD06 attaches to a crossarm, mast, or user-supplied pipe with a 2.5 to 5.3 cm (1.0 in to 2.1 in) outer diameter.

The 41303-5B attaches to a CM500-series pole or a user-supplied pole with a 5.1 cm (2.4 in) outer diameter.

Water Temperature

The sensors can be submerged to 15 m (50 ft) or 21 psi. Please note that neither the 107 nor 108 is weighted. Therefore, the installer should either add a weighting system or secure the sensor to a fixed, submerged object, such as a piling.

Soil Temperature

The 107 and 108 are suitable for shallow burial only. Placement of the sensor's cable inside a rugged conduit may be advisable for long cable runs—especially in locations subject to digging, mowing, traffic, use of power tools, or lightning strikes.

**The 107 and 108 are not compatible with the CR200(X)-series dataloggers. However, a similar sensor, the 109, has been developed specifically for our CR200(X)-series dataloggers.*

questions & quotes: 435.227.9120

www.campbellsci.com/107



Ordering Information

Temperature Sensors

When ordering the temperature sensor, you must choose a cable length option and cable termination option.

107 Temperature Sensor (-35° to +50°C).

108 Temperature Sensor (-5° to +95°C).

Cable Length Options (choose one)

- 10** 10 ft (3 m) cable length recommended for mounting sensor directly to the mast or leg at a 2 m height.
- 17** 17 ft (5 m) cable length recommended for mounting sensor on a 2 ft crossarm at a 2 m height or atop a CM106B, CM110, or UT10.
- 33** 33 ft (10 m) cable length recommended for mounting sensor on a 2 ft crossarm atop a CM115, CM120, or UT20.
- 50** 50 ft (15 m) cable length recommended for mounting sensor on a 2 ft crossarm atop a UT30 tower.
- U-L** User-defined cable length. Enter length, in feet, after the -L. See Cable Length Recommendation Table below.

Cable Termination Options (choose one)

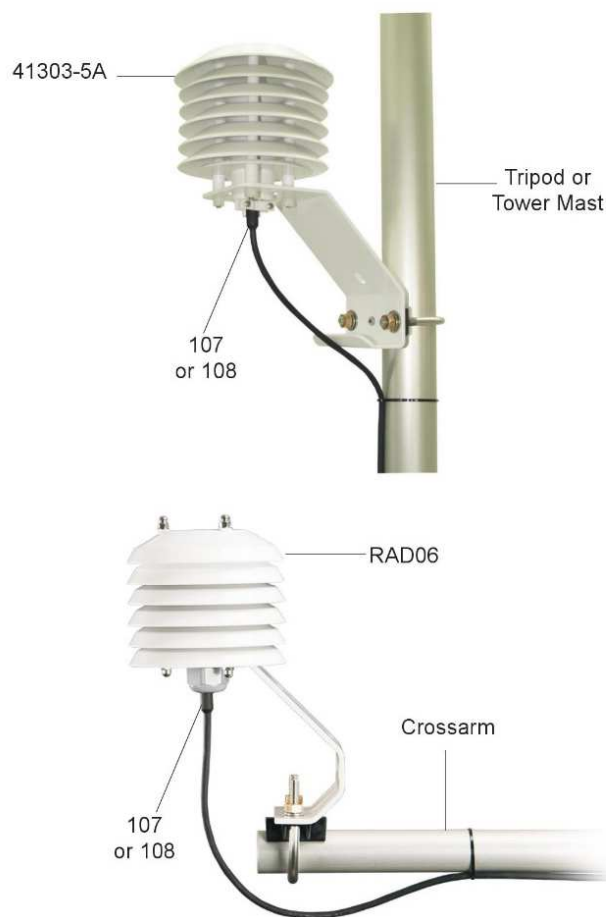
- PT** Cable terminates in stripped and tinned leads for direct connection to a datalogger's terminals.
- PW** Cable terminates in connector that attaches to a prewired enclosure.
- C** Cable terminates in a connector for attachment to a CS110 Electric Field Meter or ET107 weather station.

Solar Radiation Shield for Air Temperature Measurements

41303-5A R. M. Young 6-Plate shield with U-bolts for attachment to a crossarm, mast, or pipe with 2.5 to 5.3 cm (1.0 to 2.1 in) outer diameter

41303-5B R. M. Young 6-Plate shield with Band Clamp for attachment to a CM500-series or similar pole (5.1 cm (2.4 in) outer diameter).

RAD06 6-Plate MetSpec Radiation Shield with U-bolts for attachment to a Campbell Scientific crossarm or mast.



Cable Length Recommendations for Air Temperature Measurement¹

2 m Height	CM106B ²	CM110 ²	CM115 ²	CM120 ²	UT10	UT20	UT30
3.4 m (11 ft)	4.3 m (14 ft)	4.3 m (14 ft)	5.8 m (19 ft)	7.3 m (24 ft)	4.3 m (14 ft)	7.3 m (24 ft)	11.3 m (37 ft)

Notes:

1. The lengths assume the sensor is mounted at the end of a 2 ft crossarm.
2. The lengths assume the enclosure is mounted to the tripod mast. If it is mounted to the leg base, add 0.6 m (2 ft) to the cable length.

Specifications

- Sensor: BetaTherm 100K6A11A Thermistor
- Tolerance:
 - 107: ±0.2°C over 0° to 50°C range
 - 108: ±0.2°C over 0° to 70°C range
- Temperature Measurement Range
 - 107: -35° to +50°C
 - 108: -5° to +95°C
- Steinhart-Hart Equation Error: ≤±0.01°C over measurement range
- Time Constant in Air: 30 to 60 s in a wind speed of 5 m s⁻¹
- Maximum Cable Length: 305 m (1000 ft)
- Maximum Submersion Depth: 15 m (50 ft)
- Sensor Length: 10.4 cm (4.1 in)
- Sensor Diameter: 0.76 cm (0.3 in)
- Weight with 10 ft cable: 136 g (5 oz)
- View EU Declaration of Conformity Documentation at: www.campbellsci.com/107 or www.campbellsci.com/108



**CAMPBELL
SCIENTIFIC**

Campbell Scientific, Inc. | 815 W 1800 N | Logan, UT 84321-1784 | (435) 227-9120 | www.campbellsci.com
USA | AUSTRALIA | BRAZIL | CANADA | CHINA | COSTA RICA | FRANCE | GERMANY | SE ASIA | SOUTH AFRICA | SPAIN | UK

© 1997, 2016
Campbell Scientific, Inc.
September 9, 2016



Soil Moisture Probe - Decagon EC-5

Installation Guide

The Decagon EC-5 soil moisture probe measures moisture content in soils and provides data to a datalogger using analog signals. This document describes basic installation and operating guidelines for using the EC-5 in LI-COR eddy covariance systems with a biomet system running a custom program. Refer to the manufacturer's documentation for more information:

<http://www.decagon.com/education/ec-5-manual/>



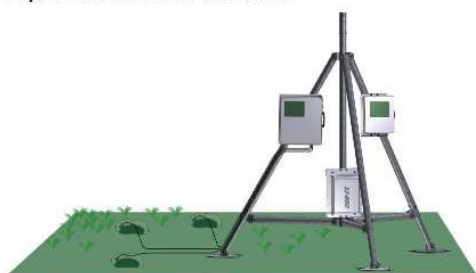
ECH2O EC-5 Specifications:

Measurement Range:	0 to saturation
Operating Temp.	-40 to +60 °C
Accuracy:	Better than 0.03 m ³ /m ³ for all soils, up to 8 dS/m
Response Time:	10 ms
Power Requirements:	2.5-3.5 VDC @ 10 mA
Output Signal:	10-40% of excitation

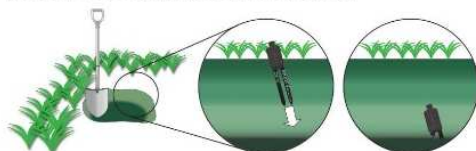
Installing the EC-5

1. Siting the Soil Moisture Probes.

Three or more probes may be required for some sites. Place the probes in undisturbed soil that is representative of the site.



2. Install the Soil Moisture Probes.



- Dig a hole to the desired depth.

- Orient the flat side of the sensor perpendicular to the soil surface to minimize the effects of water.
- Push the prongs into undisturbed soil at the bottom or side of the hole.
- Be sure there are no air gaps and that the sensor is in complete contact with soil.
- Be sure the prongs are covered completely up to the over-molding.
- Backfill the hole to match the bulk density of the soil.

3. Wire the Soil Moisture Probes to the Datalogger.

EC-5 probes are supported by custom datalogger programs. To configure the datalogger, use the ADC block and configure it as described in "Soil Moisture Probe (EC-5)" in the Biomet System Instruction Manual.

Note: Route the sensor cable(s) through an opening in the enclosure prior to installing the leads in the terminal strip.



Retrieving Data

If the system is configured to log biomet data in .ghg files for processing in EddyPro® software or the SMARTFlux™, see "Field Setup for Logging Data in GHG Files" in the Biomet System Instruction Manual. Otherwise, see "Retrieving Data" in the Biomet System Instruction Manual to get data from the datalogger memory.

Maintenance

The ECH2O EC-5 probe is a low maintenance sensor and little care is required as long as the sensor is performing as expected. If the sensor is providing questionable data:

- Check the connections to the datalogger and ensure that they are correct and secure.
- Check the cables for damage.
- Ensure that the datalogger has an adequate power supply.

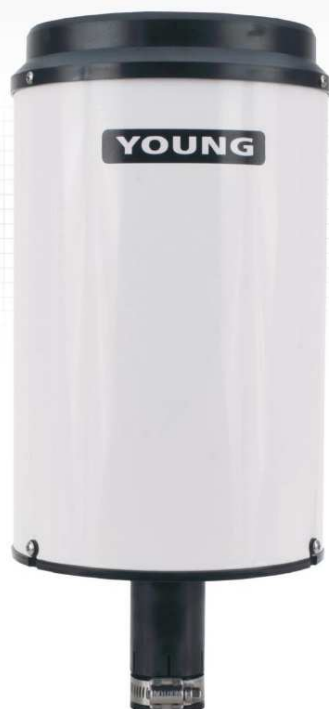




COMPONENTS

52202

Electrically Heated Rain and Snow Gage



Overview

The 52202 is a thermostat-controlled, electrically-heated, tipping-bucket rain gage that measures rain, snow, and other frozen precipitation. Its catchment area of 200 cm² and measurement resolution of 0.1 mm meet the recommendations of the WMO. This heated rain gage is compatible with all Campbell Scientific dataloggers, and is used in environmental monitoring applications.

Benefits and Features

- High precision—tips at 0.1 mm increments
- Heating element melts snow and ice for year-round measurement
- Compatible with all Campbell Scientific dataloggers

Technical Description

The 52202 funnels precipitation into a bucket mechanism that tips when filled to the calibrated level. Each tip is marked by a magnetic reed switch closure that is recorded by a Campbell Scientific datalogger pulse count channel.

The 52202 has a thermostat-controlled internal heater that melts snow or other frozen precipitation. This heater requires a reliable source of 24 Vac power. A wall transformer is shipped with the 52202 that plugs into a wall socket to provide the required 24 Vac power.

Mounting

The 52202 is shipped with a mounting pipe. The rain gage clamps onto this pipe, which is then fastened to a crossarm using the CM220 Right Angle Mounting Bracket, or mounted onto the top of a tripod using the CM216 Sensor Mounting Kit.

Wind Screen

Campbell Scientific offers the 260-953 Wind Screen to help minimize the affect of wind on the rain measurements. This wind screen consists of 32 leaves that hang freely and swing as wind moves past them.



questions & quotes: 435.227.9120
www.campbellsci.com/pn52202



Ordering Information

Tipping Bucket Raingage

Recommended cable length is 25 ft, but many customers will order a 50 ft cable to place the gage away from the tower or tripod.

52202-L-LP Heated tipping bucket with 0.1 mm tips. Enter signal cable length (in ft) after the -L and enter the power-cable length after the -LP.

Mounts

CM220 Right Angle Mounting Bracket for attaching the 52202 to a crossarm, such as a CM202, CM204, or CM206.

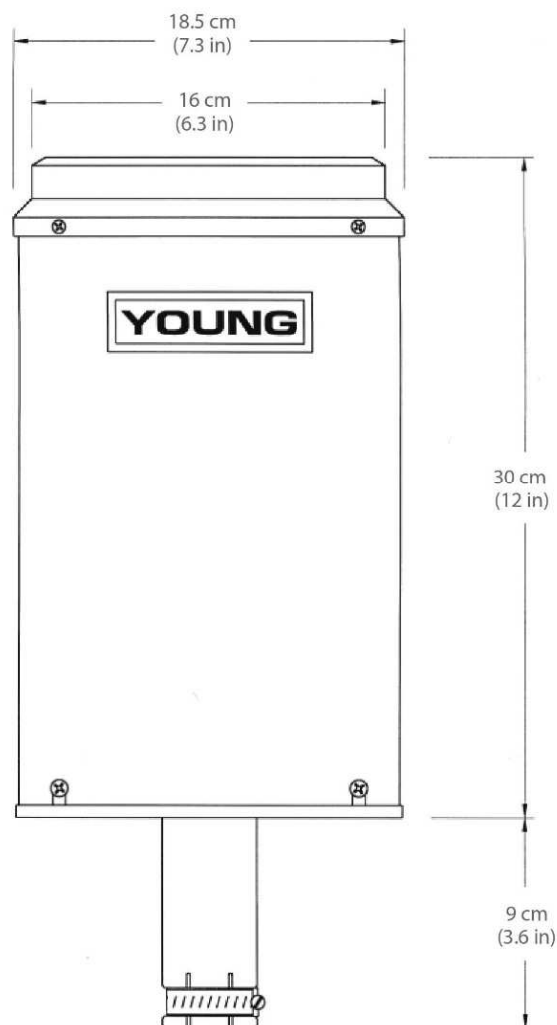
CM216 Sensor Mounting Kit for attaching the 52202 to the top of a CM110, CM115, or CM120 stainless-steel tripod.

Wind Screen

260-953 Novalynx Alter-type Rain Gage Wind Screen

Specifications

- Sensor Type: Tipping bucket with magnetic reed switch, normally open
- Accuracy:
 - 2% for up to 25 mm hr⁻¹ (1 in. hr⁻¹);
 - 3% for up to 50 mm hr⁻¹ (2 in. hr⁻¹)
- Resolution: 0.1 mm (0.004 in)
- Orifice Diameter: 16 cm (6.3 in)
- Catchment Area: 200 cm² (31 in²)
- Temperature Range: -20° to +50°C (heated)
- Humidity Range: 0 to 100%
- Power: 18 W at 24 Vac for heater only
- Heater Thermostat Set Point: 10°C ± 3°C
- Contact Rating: 24 Vac/dc, 400 mA maximum
- Diameter: 18.5 cm (7.3 in)
- Height: 30 cm (11.8 in)
- Weight: 1.16 kg (2.55 lb)
- Power Plug Weight: 0.43 kg (0.95 lb)
- Mounting Pipe Description: 30.5 cm (12 in) length; 1 inch IPS, aluminum, unthreaded



CR1000 Specifications

Electrical specifications are valid over a -25° to +50°C, non-condensing environment, unless otherwise specified. Recalibration recommended every three years. Critical specifications and system configuration should be confirmed with Campbell Scientific before purchase.

PROGRAM EXECUTION RATE

10 ms to one day @ 10 ms increments

ANALOG INPUTS (SE1-SE16 or DIFF1-DIFF8)

8 differential (DF) or 16 single-ended (SE) individually configured input channels. Channel expansion provided by optional analog multiplexers.

RANGES and RESOLUTION: Basic resolution (Basic Res) is the A/D resolution of a single A/D conversion. A DIFF measurement with input reversal has better (finer) resolution by twice than Basic Res.

Range (mV) ¹	DF Res (µV) ²	Basic Res (µV)
±5000	667	1333
±2500	333	667
±250	33.3	66.7
±25	3.33	6.7
±7.5	1.0	2.0
±2.5	0.33	0.67

¹Range overhead of ~9% on all ranges guarantees that full-scale values will not cause over range.

²Resolution of DF measurements with input reversal.

ACCURACY³:

±(0.06% of reading + offset), 0° to 40°C

±(0.12% of reading + offset), -25° to 50°C

±(0.18% of reading + offset), -55° to 85°C (-XT only)

³Accuracy does not include the sensor and measurement noise. Offsets are defined as:

Offset for DF w/input reversal = 1.5·Basic Res + 1.0 µV

Offset for DF w/o input reversal = 3·Basic Res + 2.0 µV

Offset for SE = 3·Basic Res + 3.0 µV

ANALOG MEASUREMENT SPEED:

Integration Type/Code	Integration Time	Settling Time	SE w/ No Rev	DF w/ Input Rev
250	250 µs	450 µs	~1 ms	~12 ms
60 Hz ⁵	16.67 ms	3 ms	~20 ms	~40 ms
50 Hz ⁵	20.00 ms	3 ms	~25 ms	~50 ms

⁴Includes 250 µs for conversion to engineering units.

⁵AC line noise filter.

INPUT NOISE VOLTAGE: For DF measurements with input reversal on ±2.5 mV input range (digital resolution dominates for higher ranges).

250 µs Integration: 0.34 µV RMS

50/60 Hz Integration: 0.19 µV RMS

INPUT LIMITS: ±5 Vdc

DC COMMON MODE REJECTION: >100 dB

NORMAL MODE REJECTION: 70 dB @ 60 Hz when using 60 Hz rejection

INPUT VOLTAGE RANGE W/O MEASUREMENT

CORRUPTION: ±8.6 Vdc max.

SUSTAINED INPUT VOLTAGE W/O DAMAGE: ±16 Vdc max.

INPUT CURRENT: ±1 nA typical, ±6 nA max. @ 50°C;

±90 nA @ 85°C

INPUT RESISTANCE: 20 GΩ typical

ACCURACY OF BUILT-IN REFERENCE JUNCTION

THERMISTOR (for thermocouple measurements):

±0.3°C, -25° to 50°C

±0.8°C, -55° to 85°C (-XT only)

ANALOG OUTPUTS (VX1-VX3)

3 switched voltage, sequentially active only during measurement.

RANGE AND RESOLUTION:

Channel	Range	Resolution	Current Source/Sink
(VX 1-3)	±2.5 Vdc	0.67 mV	±25 mA

ANALOG OUTPUT ACCURACY (VX):

±(0.06% of setting + 0.8 mV), 0° to 40°C

±(0.12% of setting + 0.8 mV), -25° to 50°C

±(0.18% of setting + 0.8 mV), -55° to 85°C (-XT only)

VX FREQUENCY SWEEP FUNCTION: Switched outputs provide a programmable swept frequency, 0 to 2500 mV square waves for exciting vibrating wire transducers.

PERIOD AVERAGE

Any of the 16 SE analog inputs can be used for period averaging. Accuracy is ±(0.01% of reading + resolution), where resolution is 136 ns divided by the specified number of cycles to be measured.

INPUT AMPLITUDE AND FREQUENCY:

Voltage Gain	Input Range (±mV)	Signal (peak to peak)		Min Pulse Width (µV)	Max ⁸ Freq (kHz)
		Min. (mV) ⁶	Max (V) ⁷		
1	250	500	10	2.5	200
10	25	10	2	10	50
33	7.5	5	2	62	8
100	2.5	2	2	100	5

⁶Signal centered around Threshold (see PeriodAvg() instruction).

⁷With signal centered at the datalogger ground.

⁸The maximum frequency = 1/(twice minimum pulse width) for 50% of duty cycle signals.

RATIOMETRIC MEASUREMENTS

MEASUREMENT TYPES: Provides ratiometric resistance measurements using voltage excitation. 3 switched voltage excitation outputs are available for measurement of 4- and 6-wire full bridges, and 2-, 3-, and 4-wire half bridges. Optional excitation polarity reversal minimizes dc errors.

RATIOMETRIC MEASUREMENT ACCURACY:^{9, 10, 11}

±(0.04% of Voltage Measurement + Offset)

⁹Accuracy specification assumes excitation reversal for excitation voltages < 1000 mV. Assumption does not include bridge resistor errors and sensor and measurement noise.

¹⁰Estimated accuracy, ΔX (where X is value returned from the measurement with Multiplier = 1, Offset = 0):

BrHalf() instruction: ΔX = ΔV/V_X

BrFull() instruction: ΔX = 1000·ΔV/V_X, expressed as mV·V⁻¹.

ΔV¹ is calculated from the ratiometric measurement accuracy. See Resistance Measurements Section in the manual for more information.

¹¹Offsets are defined as:

Offset for DIFF w/input reversal = 1.5·Basic Res + 1.0 µV

Offset for DIFF w/o input reversal = 3·Basic Res + 2.0 µV

Offset for SE = 3·Basic Res + 3.0 µV

Excitation reversal reduces offsets by a factor of two.

PULSE COUNTERS (P1-P2)

2 inputs individually selectable for switch closure, high frequency pulse, or low-level ac. Independent 24-bit counters for each input.

MAXIMUM COUNTS PER SCAN: 16.7x10⁶

SWITCH CLOSURE MODE:

Minimum Switch Closed Time: 5 ms

Minimum Switch Open Time: 6 ms

Max. Bounce Time: 1 ms open w/o being counted

HIGH-FREQUENCY PULSE MODE:

Maximum Input Frequency: 250 kHz

Maximum Input Voltage: ±20 V

Voltage Thresholds: Count upon transition from below 0.9 V to above 2.2 V after input filter with 1.2 µs time constant.

LOW-LEVEL AC MODE: Internal ac coupling removes ac offsets up to ±0.5 Vdc.

Input Hysteresis: 12 mV RMS @ 1 Hz

Maximum ac Input Voltage: ±20 V

Minimum ac Input Voltage:

Sine Wave (mV RMS)	Range(Hz)
20	1.0 to 20
200	0.5 to 200
2000	0.3 to 10,000
5000	0.3 to 20,000

DIGITAL I/O PORTS (C1-C8)

8 ports software selectable, as binary inputs or control outputs. Provide on/off, pulse width modulation, edge timing, subroutine interrupts / wake up, switch closure pulse counting, high frequency pulse counting, asynchronous communications (UARTs), and SDI-12 communications. SDM communications are also supported.

LOW FREQUENCY MODE MAX: <1 kHz

HIGH-FREQUENCY MODE MAX: 400 kHz

SWITCH-CLOSURE FREQUENCY MAX: 150 Hz

EDGE TIMING RESOLUTION: 540 ns

OUTPUT VOLTAGES (no load): high 5.0 V ±0.1 V; low <0.1

OUTPUT RESISTANCE: 330 Ω

INPUT STATE: high 3.8 to 16 V; low -8.0 to 1.2 V

INPUT HYSTERESIS: 1.4 V

INPUT RESISTANCE: 100 kΩ with inputs <6.2 Vdc

220 Ω with inputs ≥6.2 Vdc

SERIAL DEVICE/RS-232 SUPPORT: 0 TO 5 Vdc UART

SWITCHED 12 VDC (SW-12)

1 independent 12 Vdc unregulated source is switched on and off under program control. Thermal fuse hold current = 900 mA at 20°C, 650 mA at 50°C, 360 mA at 85°C.

EU DECLARATION OF COMPLIANCE

https://scampbellsci.com/documents/us/compliance/eudoc_cr1000-series.pdf
https://scampbellsci.com/documents/us/compliance/eudoc_cr1000kd.pdf

COMMUNICATIONS

RS-232 PORTS:

DCE 9-pin: (not electrically isolated) for computer connection or connection of modems not manufactured by Campbell Scientific.

COM1 to COM4: 4 independent Tx/Rx pairs on control ports (non-isolated); 0 to 5 Vdc UART

Baud Rates: selectable from 300 bps to 115.2 kbps.

Default Format: 8 data bits; 1 stop bits; no parity

Optional Formats: 7 data bits; 2 stop bits; odd, even parity

CS I/O PORT: Interface with telecommunications peripherals manufactured by Campbell Scientific.

SDI-12: Digital control ports C1, C3, C5, and C7 are individually configured and meet SDI-12 Standard v 1.3 for datalogger mode. Up to 10 SDI-12 sensors are supported per port.

PERIPHERAL PORT: 40-pin interface for attaching CompactFlash or Ethernet peripherals

PROTOCOLS SUPPORTED: PakBus, AES-128 Encrypted PakBus, Modbus, DNP3, FTP, HTTP, XML, HTML, POP3, SMTP, Telnet, NTCIP, NTP, Web API, SDI-12, SDM.

SYSTEM

PROCESSOR: Renesas H8S 2322 (16-bit CPU with 32-bit internal core running at 7.3 MHz)

MEMORY: 2 MB of flash for operating system; 4 MB of battery-backed SRAM for CPU usage and final data storage; 512 kB flash disk (CPU) for program files.

REAL-TIME CLOCK ACCURACY: ±3 min. per year.

Correction via GPS optional.

REAL-TIME CLOCK RESOLUTION: 10 ms

SYSTEM POWER REQUIREMENTS

VOLTAGE: 9.6 to 16 Vdc

INTERNAL BATTERIES: 1200 mAh lithium battery for clock and SRAM backup that typically provides three years of backup

EXTERNAL BATTERIES: Optional 12 Vdc nominal alkaline and rechargeable available. Power connection is reverse polarity protected.

TYPICAL CURRENT DRAIN at 12 Vdc:

Sleep Mode: < 1 mA

1 Hz Sample Rate (1 fast SE meas.): 1 mA

100 Hz Sample Rate (1 fast SE meas.): 6 mA

100 Hz Sample Rate (1 fast SE meas. w/RS-232

communication): 20 mA

Active external keyboard display adds 7 mA (100 mA with backlight on).

PHYSICAL

DIMENSIONS: 23.9 x 10.2 x 6.1 cm (9.4 x 4 x 2.4 in); additional clearance required for cables and leads.

MASS/WEIGHT: 1 kg / 2.1 lb

WARRANTY

3 years against defects in materials and workmanship.



Campbell Scientific, Inc. | 815 W 1800 N | Logan, UT 84321-1784 | (435) 227-9120 | www.campbellsci.com
 USA | AUSTRALIA | BRAZIL | CANADA | CHINA | COSTA RICA | FRANCE | GERMANY | SE ASIA | SOUTH AFRICA | SPAIN | UK

© 2004, 2016
 Campbell Scientific, Inc.
 August 8, 2016





NL115

Ethernet Interface and CompactFlash® Module



Connectivity and Data Storage

Ethernet and memory card connections

Overview

Campbell Scientific's NL115 enables 10baseT Ethernet communications and stores data on a removable CompactFlash® (CF) card. This small, rugged communication device connects to the 40-pin peripheral port on a CR1000 or CR3000 datalogger.

Benefits and Features

- Provides Ethernet communications and additional data storage for a CR1000 or CR3000 dataloggers
- Ethernet connection allows for datalogger communications over a local area network or the Internet via TCP/IP
- Removable CompactFlash cards for long-term data storage
- Small, light-weight CF cards fit in your pocket for easy transport between the datalogger and PC

Ethernet Communications

The NL115 allows the datalogger to communicate over a local network or a dedicated Internet connection via TCP/IP. A straight through cable is used when the cable is run from a hub to the NL115. A 10baseT Ethernet crossover cable is used if the cable is run directly from the computer to the NL115.

The NL115 is set up using the Device Configuration utility (DevConfig). DevConfig is bundled with our PC400, RTDAQ, and LoggerNet software. DevConfig can also be downloaded, at no charge, from our website (www.campbellsci.com/downloads).

Data Storage on CompactFlash Cards

CF Cards

One Type I or Type II (CF) card fits into the NL115's card slot. Campbell Scientific offers and recommends the CFMC256M, CFMC2G, and CFMC16G CF cards (see Ordering Information). To use the CFMC16G, the datalogger operating system must be OS 25 or later.

Only industrial-grade CF cards should be used with our products. Although consumer-grade cards cost less than industrial-grade cards, the consumer-grade cards are more susceptible to failure resulting in both the loss of the card and its stored data. Industrial-grade cards also function over wider temperature ranges and have longer life spans than consumer-grade cards.

Data Retrieval

The NL115/CF card combination can be used to expand the datalogger's memory, transport data/programs from the field site(s) to the office, and upload power up functions. The computer can read the CF card either with the computer's PCMCIA slot and the CF1 adapter or with the computer's USB port and the 17752 Reader/Writer.



questions & quotes: 435.227.9000

www.campbellsci.com/nl115



Ordering Information

Ethernet Interface and CompactFlash® Module

NL115 Ethernet Interface and CompactFlash Module for CR1000 or CR3000 dataloggers.

Temperature Range Options (choose one)

- ST Tested -25° to +50°C
- XT Tested -40° to +85°C

Ethernet Cables

- 28900** CAT5e, unshielded straight through cable (10 ft). Recommended if the cable is run from a hub.
- 13659** CAT5e, 10baseT crossover cable (7 ft). Recommended if the cable is run directly from the computer.
- 28898** CAT5e, unshielded straight through cable (6 in). This cable is often used with the 28033 Surge Protector
- 28899** CAT5e, unshielded straight through cable (2 ft). This cable is often used with the 28033 Surge Protector

Surge Protector

28033 Ethernet Surge Protector helps protect the NL115 from electrical surges. A straight-through Ethernet cable is used to connect the 28033 to the NL115. Another Ethernet cable such as the 28898 or 28899 is used to connect the 28033 to the computer or hub.

CompactFlash Cards

- CFMC256M** 256 MB Industrial-grade CompactFlash Memory Card.
- CFMC2G** 2 GB Industrial-grade CompactFlash Memory Card.
- CFMC16G** 16 GB Industrial-grade CompactFlash Memory Card. The datalogger operating system must be OS 25 or later to read this card.

Reader/Writer or Adapter

- 17752** USB Memory Card Reader
- CF1** SanDisk® CompactFlash Adapter for PCMCIA Slots

Specifications

- CE Compliant Devices: NL115, 17752 USB Reader/Writer

NL115

- Typical Access Speed: 200 to 400 kbits s⁻¹
- Memory Configuration: User selectable; ring (default) or fill-and-stop
- Power Requirements: 12 V supplied through the datalogger's peripheral port
- CF Card Requirements: Industrial grade
- Datalogger Operating System (OS): The CR1000 OS must be OS 9 or later. Both the CR1000 and CR3000 need OS 25 or later to read cards with more than 2 GB of storage.
- Dimensions: 10.2 x 8.9 x 6.4 cm (4.0 x 3.5 x 2.5 in)
- Weight: 154 g (5.4 oz)

Software Requirements

- LoggerNet: Version 3.2 or later
- PC400: Version 1.3 or later
- DevConfig: Version 1.5 or later

Typical Current Drain

- CR1000 w/ NL115, no Ethernet cable attached, not actively communicating over Ethernet nor accessing the CF card: 19 mA
- CR1000 w/ NL115, Ethernet cable attached: 20 mA
- CR1000 w/NL115, Ethernet cable attached and communicating over Ethernet: 20 mA
- CR1000 w/NL115 communicating over Ethernet and accessing CF card: 43 mA
- CR1000 w/ NL115, Ethernet port has been put to sleep using the IPNetPower() CRBasic Instruction: 2 mA
- Add 1 mA to current drain if red or green Status LED is continuously on
- Add 2 mA to current drain if orange Status LED is continuously on

EMI and ESD Protection

- Meets requirements for a class A device under European Standards
- Application of Council Directive(s): 89/336/EEC as amended by 89/336/EEC and 93/68/EEC
- Standards to which Conformity is Declared: EN55022-1; 1995 and EN50082-1: 1992

CFMC256M, CFMC2G, and CFMC16G

- Manufacturer: FMJ
- Card Description: Industry standard Type I
- Storage Capacity: 256 MB, 2 GB, or 16 GB
- Operating Temperature: -40° to +85°C
- Storage Temperature:
 - 55° to +125°C (CFMC256M, CFMC2G)
 - 50° to +100°C (CFMC16G)
- Compliancy: RoHS
- Card Format: FAT32
- Dimensions: 4.28 x 3.64 x 0.33 cm (1.69 x 1.43 x 0.13 in)
- Weight: 10 g (0.35 oz)

17752 USB Reader/Writer

- Dimensions: 8.9 x 6.9 x 1.9 cm (3.5 x 2.7 x 0.75 in)
- Operating Temperature: 0° to 60°C
- Storage Temperature: -20° to 85°C

Minimum Computer Requirements

- Windows 8, 7, Vista (SP1, SP2), XP (SP3), 2000 (SP4); MAC OS X v. 10.6.x+; or Linux v. 2.6.x+
- USB Port: USB 2.0 or 3.0

CF1 Adapter

- Manufacturer: SanDisk
- Dimensions: 8.6 x 5.4 x 0.5 cm (3.4 x 2.1 x 0.2 in)





FIBERGLASS ENCLOSURES

ENC8/10, ENC10/12, ENC10/12R, ENC12/14, ENC14/16, and ENC16/18



Rugged, Versatile

Campbell components
mount easily and securely

Overview

Campbell Scientific offers fiberglass-reinforced polyester enclosures for housing our dataloggers and peripherals. Dataloggers and peripherals housed in an enclosure with desiccant are protected from water and most pollutants.

Benefits and Features

- Weather resistant to protect instruments
- Backplate designed so that Campbell Scientific components mount easily and securely
- White, UV-stabilized enclosure reflects solar radiation—reducing temperature gradients inside the enclosure without requiring a separate radiation shield

Enclosure Supply Kit

The enclosure supply kit is included with these enclosures. The equipment aids in mounting your equipment inside the enclosure as well as monitoring relative humidity and sealing the enclosure. The kit consists of desiccant packs, humidity indicator card, cable ties, putty, screws, grommets, PVC plug, and a Phillips-head screwdriver.

Cable-Entry Option Details

Conduit(s)

Multiple cables can be routed through the conduit. A plug included in the 7363 enclosure supply kit can reduce the conduit's internal diameter to 1.3 cm (0.5 in). The enclosure supply kit also contains the putty used to seal each conduit.

Entry Seals

Cable-entry seals have a more water-tight seal than the conduits. Each entry seal is compressed around one cable. A small vent is included to equalize pressure with the atmosphere. The entry seals come in three sizes that accept the following cable diameters:

- Large—6 to 13 mm (0.24 to 0.51 in)
- Medium—5.8 to 10 mm (0.23 to 0.39 in)
- Small—3 to 7 mm (0.12 to 0.28 in)

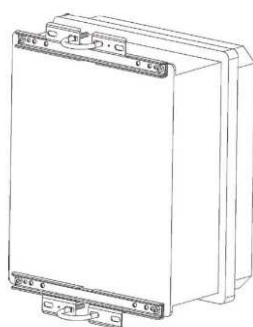
The number of cable-entry seals provided depends on the enclosure model:

- ENC8/10—(6) small
- ENC10/12—(1) medium, (2) small
- ENC10/12R—(1) medium, (2) small
- ENC12/14—(2) medium, (2) small
- ENC14/16—(2) large, (2) medium, (2) small
- ENC16/18—(2) large, (2) medium, (2) small

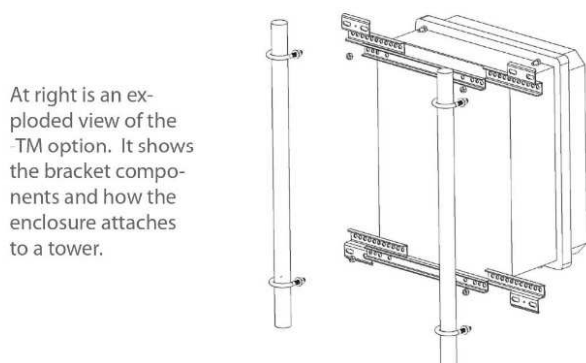
questions & quotes: 435.227.9120

campbellsci.com/standard-enclosures

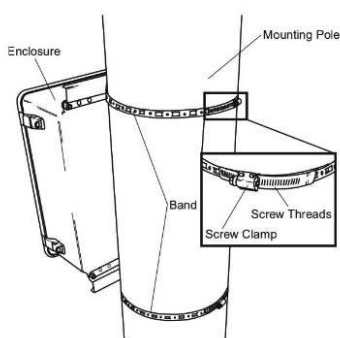




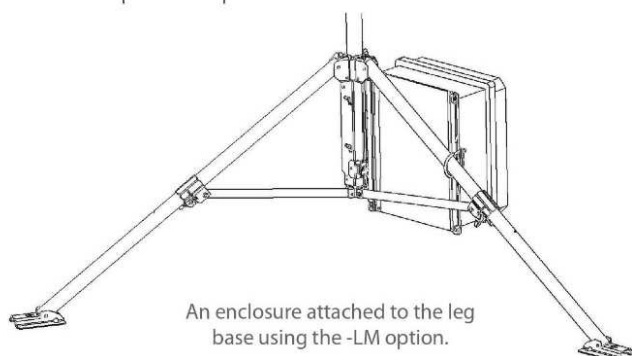
At left is an enclosure with the -MM mount option. The bracket is ready to be attached to a mast or user-supplied vertical pipe with a 1.25-in. to 2.1-in. outer diameter.



At right is an exploded view of the -TM option. It shows the bracket components and how the enclosure attaches to a tower.



At left shows the -PM option, where the enclosure is mounted to a large diameter pole via band clamps.



An enclosure attached to the leg base using the -LM option.

Ordering Information

Fiberglass Enclosures

ENC8/10	Weather-Resistant 8 by 10 inch Enclosure. Includes an internal plate punched with a grid of one-inch-on-center holes.
ENC10/12	Weather-Resistant 10 by 12 inch Enclosure. Includes an internal plate punched with a grid of one-inch-on-center holes.
ENC10/12R	Weather-Resistant 10 x 12 inch Enclosure with raised lid. Includes an internal plate punched with a grid of one-inch-on-center holes.
ENC12/14	Weather-Resistant 12 x 14 inch Enclosure. Includes an internal plate punched with a grid of one-inch-on-center holes.
ENC14/16	Weather-Resistant 14 x 16 inch Enclosure. Includes an internal plate punched with a grid of one-inch-on-center holes.
ENC16/18	Weather-Resistant 16 x 18 inch Enclosure. Must choose a backplate option (see below).

Enclosure Hole Options

-NC	No cable entry hole.
-SC	One 3.8 cm (1.5 in) diameter conduit for cable entry.
-DC	Two horizontally-arranged 3.8 cm (1.5 in) diameter conduits for cable entry (not available for ENC8/10)
-VC	Two vertically-arranged 3.8 cm (1.5 in) diameter conduits for cable entry (available only for ENC16/18).
-ES	Individual-Cable Entry Seals. Number of cable entry seals provided depends on the enclosure model (see page 1)

Enclosure Mounts Options

Contact Campbell Scientific for information about special brackets that attach enclosures to CTS Towers, Rohn Towers, Aluma Towers, or other non-Campbell Scientific instrument mounts. Only the -NM and -MM options are available for the ENC8/10 enclosure.

-NM	No enclosure mounting
-MM	Tripod Mast Mounting for attachment to the mast of a Campbell Scientific tripod or to a user-supplied pipe with a 3.18 to 5.33 cm (1.25 to 2.1 in) outer diameter.
-LM	Tripod Leg Mounting for attachment to the leg base of a Campbell Scientific tripod. For the ENC16/18, this mounting option is only compatible with our CM106B tripod.
-TM	Tower Mounting for attachment to a UT10, UT20, or UT30 tower (see note at bottom of page).
-PM	Pole Mounting for attachment to a large-diameter pole with a 10.16 to 24.4 cm (4 to 10 in) outer diameter.
-EM	Hangar Mounting Kit (available only for ENC10/12, ENC10/12R, and ENC12/14). This option uses strut clamps and a hangar bracket to mount the enclosure to a mast or pole with a 7.6 cm (3 in) outer diameter.

Backplate Options for ENC16/18 only

-SB	Standard Backplate with a grid of one-inch-on-center holes for mounting devices.
-EL	Backplate and sideplate on the left side. Both plates include a grid of one-inch-on-center holes for mounting devices.
-ER	Backplate and sideplate on the right side. Both plates include a grid of one-inch-on-center holes for mounting devices.

Note: Enclosures with the -TM option are shipped configured for the UT10 tower. UT20 and UT30 customers will need to:

- (1) Remove the bolts attaching the bracket to the enclosure.
- (2) Slide out the flange sections so that the distance between the center of each flange is 43.2 cm (17 in).
- (3) Reattach the bracket to the enclosure using the original bolts.



Specifications

	ENC8/10	ENC10/12	ENC10/12R	ENC12/14	ENC14/16	ENC16/18
Can House	CR300 and small power supply or peripheral without datalogger. Will fit a CR6, CR800, CR850, or CR1000 if mounted vertically. More information: www.campbell.com/enc-8-10	CR300, CR6, CR800, CR850, or CR1000 datalogger, power supply, and a small peripheral (depending on footprint).	CR300, CR6, CR800, CR850, or CR1000 datalogger, power supply, and a small peripheral.	CR300, CR6, CR800, CR850, CR1000, or CR3000 datalogger, power supply, and one or more peripherals (depending on footprint)	CR300, CR6, CR800, CR850, CR1000, or CR3000 datalogger, power supply, and one or more peripherals (depending on footprint).	CR300, CR6, CR800, CR850, CR1000, or CR3000 datalogger, power supply, and one or more peripherals (depending on footprint).
Color	White (reflects solar radiation, reducing temperature gradients inside the enclosure without using a separate radiation shield)					
Construction	Fiberglass-reinforced polyester enclosure with door gasket, external grounding lug, stainless-steel hinge, and lockable hasps					
Classification	NEMA 4X (before being modified for cable entry)					
Internal Dimensions (w x h x d)	24.8 x 19.7 x 15.9 cm (9.7 x 7.7 x 6.3 in)	25.4 x 30.5 x 11.4 cm (10 x 12 x 4.5 in)	25.4 x 30.5 x 14 cm (10 x 12 x 5.5 in)	30.5 x 35.6 x 14 cm (12 x 14 x 5.5 in)	40.6 x 35.6 x 14 cm (14 x 16 x 5.5 in)	40.6 x 45.7 x 22.9 cm (16 x 18 x 9 in)
Under Lid Space (w x h x d)	N/A	N/A	23.4 x 28.4 x 15.1 cm (9.2 x 11.2 x 5.9 in)	28.3 x 33.5 x 17.6 cm (11.2 x 13.2 x 6.9 in)	33.7 x 38.6 x 17.6 cm (13.3 x 15.2 x 6.9 in)	38.7 x 43.8 x 25.2 cm (15.3 x 17.3 x 9.9 in)
External Dimensions (w x h x d)	30.4 x 23.9 x 16.5 cm (12.0 x 9.4 x 6.5 in)	29.0 x 34.1 x 13.2 cm (11.4 x 13.4 x 5.2 in)	29.0 x 34.1 x 19.5 cm (11.4 x 13.4 x 7.7 in)	34.0 x 39.1 x 19.5 cm (13.4 x 15.4 x 7.7 in)	39.2 x 44.3 x 19.6 cm (15.4 x 17.8 x 7.7 in)	44.4 x 49.5 x 27.0 cm (17.5 x 19.5 x 10.6 in)
Weight	2.36 kg (5.2 lb)	4.1 kg (9 lb)	4.1 kg (9 lb)	5 kg (11.2 lb)	6 kg (13 lb)	7.7 kg (17 lb)
EU Declaration of Conformity	Available at: www.campbell.com/enc-8-10	Available at: www.campbell.com/enc-10-12	Available at: www.campbell.com/enc-10-12r	Available at: www.campbell.com/enc-12-14	Available at: www.campbell.com/enc-14-16	Available at: www.campbell.com/enc-16-18


**CAMPBELL
SCIENTIFIC**

Campbell Scientific, Inc. | 815 W 1800 N | Logan, UT 84321-1784 | (435) 227-9120 | www.campbellsci.com
 USA | AUSTRALIA | BRAZIL | CANADA | CHINA | COSTA RICA | FRANCE | GERMANY | SE ASIA | SOUTH AFRICA | SPAIN | UK

© 1990, 2016
 Campbell Scientific, Inc.
 August 8, 2016



Annex 2: CRBASIC - Programació de l'estació meteorològica



'Declaracion de variables y unidades

Public Bateria, Temp, Hum_Rel, Temp107_1, Temp107_2, Nivel, Rad_Neta, Rad_Neta_acum

Public QR, Lluvia, Vel_viento, Dir_viento, diag, cont_agua

Units Bateria=Volts

Units Temp=Grados C

Units Hum_rel=%HR

Units Temp107_1=Grados C

Units Temp107_2=Grados C

Units Nivel=cm

Units Rad_Neta=W/m²

Units Rad_Neta_acum=MJ/m²

Units QR=μmol/m²/s

Units Lluvia=mm

Units Vel_viento=m/s

Units Dir_viento=Grados

Dim in_bytes_str As String *18

Dim in_bytes_sub_str(4) AS String *6

Dim nmbr_bytes_rtrnd

Dim disable_flag AS Boolean

Dim one

Units one=numero_muestras

'Definicion de Tablas

DataTable(Tabla1,True,-1)

DataInterval(0,60,Min,10)

Average(1,Temp,FP2,False)

Average(1,Hum_Rel,FP2,False)

Average(1,Temp107_1,FP2,False)

Average(1,Temp107_2,FP2,False)

Average(1,Rad_Neta,FP2,False)

Totalize(1,Rad_Neta_acum,IEEE4,False)

Average(1,QR,FP2,False)

'WindSonic RS232

WindVector(1,Vel_Viento,Dir_Viento,IEEE4,disable_flag,0,0,0)

FieldNames("VV_media,DV_media,Desv_St_DV")

Maximum (1,Vel_viento,FP2,disable_flag,True)

SampleMaxMin (1,Dir_viento,FP2,disable_flag)

Totalize(1,one,IEEE4,disable_flag)

FieldNames("n_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>1)

FieldNames("diag_WindSonic_1_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>2)

FieldNames("diag_WindSonic_2_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>4)

FieldNames("diag_WindSonic_4_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>8)

FieldNames("diag_WindSonic_8_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>9)

FieldNames("diag_WindSonic_9_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>10)

FieldNames("diag_WindSonic_10_TOT")

Totalize(1,one,IEEE4,diag<>NaN)

FieldNames("no_data_TOT")

Average(1,cont_agua,FP2,False)

Average(1,Nivel,FP2,False)

Totalize(1,Lluvia,FP2,False)

EndTable

DataTable(Tabla2,True,-1)

DataInterval(0,1440,Min,10)

Maximum(1,Temp,FP2,False,True)

Minimum(1,Temp,FP2,False,True)

Average(1,Temp,FP2,False)

Maximum(1,Hum_Rel,FP2,False,True)

Minimum(1,Hum_Rel,FP2,False,True)

Average(1,Hum_Rel,FP2,False)

Maximum(1,Temp107_1,FP2,False,True)

Minimum(1,Temp107_1,FP2,False,True)

Average(1,Temp107_1,FP2,False)

Maximum(1,Temp107_2,FP2,False,True)

Minimum(1,Temp107_2,FP2,False,True)

Average(1,Temp107_2,FP2,False)

Totalize(1,Rad_Neta_acum,IEEE4,False)

'WindSonic RS232

WindVector(1,Vel_Viento,Dir_Viento,IEEE4,disable_flag,0,0,0)

FieldNames("VV_media,DV_media,Desv_St_DV")

Maximum (1,Vel_viento,FP2,disable_flag,True)

SampleMaxMin (1,Dir_viento,FP2,disable_flag)

Maximum(1,cont_agua,FP2,False,True)

Minimum(1,cont_agua,FP2,False,True)

Average(1,cont_agua,FP2,False)

Maximum(1,Nivel,FP2,False,True)

Minimum(1,Nivel,FP2,False,True)

Average(1,Nivel,FP2,False)

Totalize(1,Lluvia,FP2,False)

Minimum(1,Bateria,FP2,False,False)

EndTable

'Programa principal

BeginProg

One=1

SerialOpen(Com1,38400,3,0,2700)

Scan(1,Sec,120,0)

'Medida del nivel bateria (volts)

Battery(Bateria)

If IfTime (59,60,Sec) Then

PortSet(9,1)

EndIf

If IfTime (0,60,Sec) Then

'Medida temperatura (grados C) y humedad relativa (%HR) sonda
HMP45C

VoltSe(Temp,1,mV2500,2,0,0,_50Hz,0.1,-40.0)

VoltSe(Hum_Rel,1,mV2500,1,0,0,_50Hz,0.1,0)

PortSet(9,0)

If (Hum_Rel>100) AND (Hum_Rel<108) Then Hum_Rel=100

'MEDIDA DE LA TEMPERATURA CON Sonda 107

Therm107(Temp107_1,1,7,1,0,_50Hz,1.0,0.0)

'MEDIDA DE LA TEMPERATURA CON Sonda 107

Therm107(Temp107_2,1,8,1,0,_50Hz,1.0,0.0)

'Medida de nivel de agua con sonda PDCR 1830/1230 Pressure
Tansducer

BrFull(Nivel,1,mV25,5,Vx2,1,2500,True,True,0,_50Hz,30.621,-1.11)

'Medida del contenido volumetrico agua con sonda ECHO Probe EC-5

BrHalf(cont_agua,1,mV2500,11,3,1,2500,False,10000,_60Hz,2.975)

EndIf

'Medida radiacion neta NR-LITE en W/m2 (sin correccion viento)

VoltDiff(Rad_Neta,1,mV25,2,True,0,_50Hz,74.074,0)

Rad_Neta_acum=Rad_Neta*0.001*0.001

'Medida de radiacion PAR con sensor SKP215 Quantum Sensor (CSL)

VoltDiff(QR,1,mV25,3,True,0,_50Hz,100,0)

If QR<0 Then QR=0

'52202/52203 Rain Gage (CSL) measurement Rain_mm:

PulseCount(Lluvia,1,1,2,0,0.1,0)

'Medida de viento con WindSonic 2-D con salida RS232

SerialInRecord(Com1,in_bytes_str,&h02,0,&h03,nmbr_bytes_rtrnd,01)

SplitStr(in_bytes_sub_str(1),in_bytes_str,",",4,6)

Dir_Viento=in_bytes_sub_str(1)

Vel_Viento=in_bytes_sub_str(2)

diag=in_bytes_sub_str(4)

disable_flag=(Dir_viento=NaN)OR(diag<>0)

'Llamar tablas para calculo y almacenamiento resultados

CallTable(Tabla1)

CallTable(Tabla2)

NextScan

EndProg